

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1932-1933

N° 13

Action de l'éther et du chloroforme
sur la
structure de la cellule végétale

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

présentée et soutenue le mai 1933

PAR

Pierre PICARD

Pharmacien

JURY { MM. GUÉRIN, *Président.*
COUTIÈRE, *Professeur.*
MASCRÉ, *Agrégé.*

PARIS

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1933

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1933-1934

N° 13

Action de l'éther et du chloroforme
sur la
structure de la cellule végétale

THÈSE

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

présentée et soutenue le mai 1933

PAR

Pierre PICARD

Pharmacien

JURY { MM. GUÉRIN, *Président.*
COUTIÈRE, *Professeur.*
MASCRÉ, *Agrégé.*

PARIS

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1933

Personnel de la Faculté de Pharmacie

ADMINISTRATION

MM. GUÉRIN, *Doyen*, ✱, ① I.
LEBEAU, *Assesseur*, O. ✱, ① I.
P. DESPÔRT, *Secrétaire*, ✱, ① I.

PROFESSEURS

MM. GUÉRIN, ✱, ① I.	Botanique générale.
BÉHAL, Membre de l'Institut, G. O. ✱, ① I.	Chimie organique.
PERROT, O. ✱, ① I.	Histoire naturelle des Médicaments.
COUTIÈRE, O. ✱, ① I.	Zoologie.
LEBEAU, O. ✱, ① I.	Pharmacie chimique.
BOUGAULT, ✱, ① I.	Chimie analytique.
GORIS, ✱, ① I.	Pharmacie galénique.
TASSILLY, ✱, ① I.	Physique.
DAMIENS, ✱, ① I.	Chimie minérale.
HÉRISSEY, O. ✱, ① I.	Chimie biologique.
SOMMELET, ✱, ① I.	Hydrologie et Hygiène.
LUTZ, O. ✱, ① I.	Cryptogamie et Microbiologie.
FABRE, ✱, ① I.	Toxicologie.
LAUNOY, O. ✱, ① I.	Professeur sans chaire.

Doyen honoraire : M. RADAIS, O ✱, ① I.

Professeurs honoraires : MM. DÉLÉPINE, O. ✱, ① I. et GUERBET, O. ✱, ① I.

CHARGÉS DE COURS

MM. MARC HONNORAT, ✱, ① I.	Législation et Déontologie pharmaceutiques.
LAUNOY, O. ✱, ① I.	Pharmacodynamie.
DELABY, ✱, ① I.	Minéralogie.
PICON, ① I.	Chimie minérale.
BACH, ① I.	Microbiologie.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. DELABY, ✱, ① I.	MM. MASCRÉ, ① I.	MM. BEDEL, ① I.
PICON, ① I.	FLEURY, ① I.	RÉGNIER, ① I.
	BACH, ① I.	

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. BEDEL, ① I., agrégé chargé des T. P. de 1 ^{re} année.	Chimie générale.
FLEURY, ① I. et RÉGNIER, ① I., agrégés, chargés des travaux de	Chimie analytique.
SOUÈGES, ① I.	Micrographie.
LEROUX, ① I.	Physique.
DEVAL, ✱, ① I.	Microbiologie.
DELABY, ✱, ① I., PICON, ① I. et MASCRÉ, ① I. : agrégés, chargés des Travaux généraux de 4 ^e année.	

Bibliothécaire en Chef : M. BERNARD, ① I.



A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. GUÉRIN

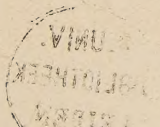
Doyen de la Faculté de Pharmacie
Professeur à l'Institut national agronomique
Chevalier de la Légion d'honneur

*En témoignage de ma respectueuse gra-
titude.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR COUTIÈRE

Membre de l'Académie de Médecine
Officier de la Légion d'honneur

Hommage respectueux.



A MONSIEUR LE PROFESSEUR MASCRÉ
Professeur agrégé à la Faculté de Pharmacie
Pharmacien des Hôpitaux

*En témoignage de ma sincère et res-
pectueuse gratitude.*

A MES PARENTS

Témoignage de ma profonde affection.

MEIS ET AMICIS

Action de l'éther et du chloroforme sur la structure de la cellule végétale

INTRODUCTION

L'action de l'éther et du chloroforme, et des narcotiques en général, sur les Végétaux, a donné lieu à de très nombreuses expériences ou observations, à propos desquelles les auteurs se sont d'ailleurs placés à des points de vue très différents

On connaît l'expérience classique qui consiste à séparer les phénomènes d'assimilation chlorophyllienne des phénomènes respiratoires, par l'action du chloroforme. Ce seul fait dit assez combien est profonde l'action de cet agent sur la plante.

Au point de vue pratique, l'éther et le chloroforme sont utilisés par les horticulteurs pour provoquer le « forçage » des plantes. Chez celles-ci, l'intervention du narcotique, à un moment convenablement choisi dans la période de repos, provoque le départ prématuré de la végétation.

Divers mouvements sensibles extérieurement, comme les mouvements staminaux, ou les mouvements cellulaires du protoplasme sont influencés par le narcose.

Il est bien évident que de tels phénomènes ne se peuvent admettre sans des modifications plus ou moins profondes de la composition chimique et de la structure morphologique des tissus intéressés.

Comme exemple des modifications chimiques, rappelons sans y insister, les faits de dédoublement des glucosides, en particulier des glucosides cyanogénétiques, sous l'influence du chloroforme, mis en évidence par Guignard, Mirande, Guérin. Ces dédoublements qui peuvent être obtenus par l'action d'autres agents physiques (gel) ou chimiques (expériences de Guérin et Lormand avec le chlore, la chloropicrine, la bromacétone, etc.), ont été rapportés à des faits de déshydratation par exosmose, avec plasmolyse, celle-ci observable à l'examen morphologique.

En dehors de la plasmolyse, des observations déjà très nombreuses dont les premières paraissent être celles de Gérassimoff, ont montré que le protoplasme, le noyau, le chondriome, subissent des modifications que nous aurons l'occasion de décrire dans la troisième partie de notre travail.

On voit, par cet exposé rapide, combien est vaste le problème de la narcose chez les végétaux. Son intérêt s'accroît encore si l'on compare, au point de vue chimique ou cytologique, les phénomènes observés à la suite de l'action des anesthésiques, à ceux que provoque l'action de diverses radiations (X ou ultra-violets) ou d'une élévation de température ou du gel.

Dans ce travail, nous nous bornerons à l'étude aussi précise que possible de quelques faits particuliers.

Nous étudierons les modifications de structure provoquées chez certaines cellules sous l'influence de l'éther ou du chloroforme. Les tissus étudiés ont été presque uniquement des jeunes racines dont nous avons observé les méristèmes et les régions immédiatement voisines.

Qu'il nous soit permis de remercier ici respectueusement M. le doyen Guérin, qui a bien voulu nous inscrire dans son laboratoire, s'intéresser à notre étude et présider la soutenance de notre thèse.

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à M. le Professeur Coutière qui nous a fait l'honneur de faire partie du jury de cette thèse.

M. le Professeur agrégé Mascré nous a indiqué le sujet de ce travail, et nous a constamment guidé au cours de nos recherches. Nous l'assurons ici de notre affectueuse et profonde gratitude.

Nous avons divisé notre travail en 4 parties, de la façon suivante :

CHAPITRE I : *Conditions expérimentales et technique.*

CHAPITRE II : *Exposé des observations.*

CHAPITRE III : *Discussion des faits observés.*

CHAPITRE IV : *Conclusions*



CHAPITRE PREMIER

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES ET TECHNIQUE

Nous examinerons successivement dans quelles conditions les pièces ont été soumises à l'action des anesthésiques, puis quelles techniques de fixation et de coloration ont été employées.

Comme agent de narcose, nous avons surtout utilisé l'éther, plus rarement le chloroforme. Les objets ont été exposés à leur action pendant des temps et dans des conditions variables.

La plupart des pièces étudiées ont été des extrémités radiculaires d'Ail, d'Orge, de Pois, de Radis. Les graines, après trempage, ont germé soit sur du papier humide, soit dans du sable. Pour l'Ail, les gousses ont été enfoncées dans le sable ou la sciure de bois humide, ou bien placées au-dessus de la surface de l'eau. Dans ce dernier cas, c'est dans ce milieu que les racines se sont développées.

Dans nos premières expériences, les racines étaient placées sous une cloche, au-dessus d'un récipient renfermant l'anesthésique et laissées plus ou moins longtemps au contact des vapeurs. L'action était ici celle

de l'air saturé d'éther ou de chloroforme. La durée de l'opération a varié de vingt minutes à vingt-quatre heures. Il y a lieu de faire une distinction entre les pièces qui pour être exposées aux vapeurs, étaient placées sur une gaze et celles qui se trouvaient au contact, soit du coton humide, soit du papier humide.

Les conditions réalisées dans les deux cas ne sont pas entièrement comparables et l'on peut expliquer par là certaines différences, à vrai dire secondaires, que nous avons observées.

Plus tard, nous avons réalisé, en narcose, une action plus énergique. Les pièces sont placées sous la cloche, dans les mêmes conditions que précédemment, puis on fait le vide quelques minutes, après quoi on ferme la cloche. De cette façon les pièces étant placées, tantôt sur une gaze, tantôt au contact de coton humide, se trouvent exposées à l'action de vapeurs saturantes de l'anesthésique.

Enfin, quelques expériences ont été réalisées en plongeant les pièces dans de l'eau éthérée.

Après un temps d'exposition variable dans chaque expérience, les pièces sont prélevées et fixées immédiatement.

Nous avons voulu également étudier le retour de celles ci à l'état normal. Dans ce cas, après avoir subi un certain temps de narcose, elles ont été replacées dans le milieu antérieur (sciure, sable, papier humide) pendant 24 ou 48 heures, puis fixées après ce laps de temps.

Techniques de fixation.

Nos fixateurs ont été essentiellement le liquide de Flemming et le formol, plus rarement le liquide de Meves-Duesberg. Nous rappelons ici la composition de ces divers fixateurs ainsi que les conditions de leur emploi.

LIQUIDE DE FLEMMING

Acide chromique à 1 %.....	15 cmc.
Acide osmique à 2 %.....	4 cmc.
Acide acétique	1 cmc.

La composition du liquide de Meves ne diffère de celle-ci que par l'absence d'acide acétique, ce qui permet la fixation du chondriome, en même temps que celle du noyau.

CONDITIONS DE L'EMPLOI. — Les pièces fixées au Flemming demeurent 2 à 4 jours dans ce liquide, puis elles sont lavées à plusieurs reprises pendant 24 heures environ, dans l'eau distillée. Après quoi, elles sont traitées par les alcools progressivement croissants, le xylol et enfin incluses en paraffine.

Alors que le liquide de Flemming est un remarquable fixateur nucléaire, la solution de formol neutralisé à 20 % nous fournit des images remarquables du chondriome par l'excellente fixation de ce dernier. Les pièces sont fixées par le formol neutralisé (solution commerciale à 40 % étendue de 4 volumes d'eau) pendant 4 à 6 jours, puis maintenues pendant 10 à 15 jours

dans une solution de bichromate de potasse à 3 %. On lave ensuite et on inclut à la manière habituelle.

Techniques de coloration.

Les colorations nucléaires ont été obtenues suivant la technique de Heidenhain ou par la safranine. Voyons en quoi elles consistent.

MÉTHODE DE HEIDENHAIN.

Les coupes fixées à l'aide des mélanges osmiques sont d'abord placées pendant quelques heures dans un mélange de deux parties d'alcool 90° et d'une partie d'H²O² officinale. Ce traitement est destiné à éliminer l'osmium réduit au niveau des inclusions graisseuses. Les coupes fixées au formol, sont, elles, colorées directement. On plonge les coupes 1 à 3 heures dans une solution d'alun de fer à 2 %, puis elles sont lavées à l'eau distillée et replacées pendant 2 à 6 heures dans une solution d'hématoxyline à 0,50 %. On procède ensuite au lavage et à la différenciation à l'alun de fer.

MÉTHODE A LA SAFRANINE.

Cette technique a été utilisée sur les coupes fixées au Flemming et au Meves, afin de bien mettre en évidence les inclusions osmiophiles. Les lames sont plongées 2 à 3 jours, dans un mélange à parties égales d'alcool à 90° et d'une solution saturée de safranine dans l'eau anilinée. Au sortir du colorant, elles sont

lavées à l'eau distillée (neutre ou très légèrement acide). On verse sur la lame de l'alcool, additionné d'une trace d'H Cl, et après un contact très bref dont l'expérience fixe la durée, on lave à l'alcool. On colore ensuite le fond par une solution très diluée de Vert-Lumière. Cette technique met parfaitement en évidence les inclusions noircies par l'acide osmique. Les colorations nucléaires sont superposables à celles que donne l'hématoxyline, mais toujours moins précises.

La coloration du chondriome a été faite toujours suivant la technique de Regaud, très rarement en employant la méthode de Kull.

TECHNIQUE DE REGAUD

Les pièces fixées au formol, et plongées pendant 10 jours environ dans une solution de bichromate K à 3 %, puis lavées, traitées par les divers alcools et le xylol, incluses, sont alors mises en coloration. Le séjour dans le mordant et le colorant est ici beaucoup plus long que pour une coloration nucléaire. Les coupes demeurant 2 à 3 jours dans l'alun de fer à 5 %, sont lavées à l'eau distillée, puis traitées 4 à 6 jours par l'hématoxyline. Après quoi, on procède à la différenciation par l'alun de fer.

TECHNIQUE DE KULL.

Cette coloration se fait au moyen d'une solution aniliné de fuchsine acide à 10 %. On chauffe jusqu'à

émission de vapeurs, sur la platine, la lame recouverte à plusieurs reprises de la solution de fuchsine.

Puis, facultativement, on peut colorer le noyau par une solution à 0,5 % de bleu de toluidine. On différencie ensuite à l'aide d'une solution d'aurantia à 0,5 % dans l'alcool à 70°.

L'emploi de ces diverses méthodes de fixation et de coloration nous a paru très suffisant pour atteindre le but que nous nous étions proposé, à savoir l'examen du noyau, du chondriome et des inclusions osmiophiles.

CHAPITRE II

EXPOSÉ DES OBSERVATIONS

Allium sativum L.

Les racines observées proviennent du développement de gousses d'ail placées, soit dans le sable humide, soit dans la sciure de bois, soit à la surface de l'eau ; dans ce dernier cas, les racines ont poursuivi leur croissance entièrement dans le liquide.

L'action des anesthésiques a été réalisée dans les diverses conditions exposées au chapitre précédent : à l'air saturé d'éther, aux vapeurs saturantes ; tantôt les pièces ont été placées sur une gaze au-dessus du liquide anesthésique, tantôt maintenues au contact de papier humide. D'autres enfin, ont été plongées dans l'eau saturée d'anesthésique. Les faits de dégénérescence observés, qu'il s'agisse du cytoplasme, du chondrime ou du noyau, ont évolué toujours dans le même sens. Cependant, un même degré d'altération est atteint plus ou moins rapidement suivant les cas et n'est pas toujours absolument identique chez deux racines soumises simultanément au même traitement. Il y a une sensibilité inégale. En règle générale, il ressort toutefois

des faits constatés que les altérations, pour un traitement de même durée, sont moins marquées lorsque les racines ont été maintenues au contact de l'humidité ; l'action des vapeurs saturantes est, comme on devait s'y attendre, beaucoup plus brutale et profonde que celle de l'air saturé d'anesthésique. Les racines plongées dans l'eau éthérée ont subi des modifications plus marquées que par séjour dans l'air saturé d'éther. Enfin, l'action du chloroforme est beaucoup plus marquée que celle de l'éther.

L'aspect normal des cellules du méristème et des régions sus-jacentes est bien connu. Nous l'avons représenté dans les figures 1 et 2, qui correspondent : la première à la région du périblème, au niveau de la zone méristématique ; la seconde à une cellule allongée du plérôme dans la zone sus-méristématique. Après fixation et coloration, suivant la méthode de Regaud, on observe un cytoplasme homogène, creusé de quelques petites vacuoles ; on y trouve inclus : des chondriocontes, quelques courts bâtonnets, des grains mitochondriaux et de très petits plastes.

CYTOPLASME.

Le premier signe qui traduit l'action de la narcose, est le signe classique de la plasmolyse — celle-ci plus ou moins marquée — dont le degré n'est pas toujours en rapport avec l'intensité ou la durée de la narcose.

La structure vacuolaire du cytoplasme persiste un certain temps, puis perd de sa netteté. Des vacuoles

voisines se confondent, des trabécules inter-vacuolaires se rompent ; en même temps la substance cytoplasmique perd de son homogénéité et devient de plus en plus granuleuse. Cette modification s'accroît peu à peu (fig. 3, 4, 7). Au degré d'altération le plus marqué, le cytoplasme est constitué par des « boules » de volume irrégulier, réparties de façon très inégale dans la cellule (fig. 9 et 10). Ces masses cytoplasmiques sont légèrement osmio-réductrices et retiennent assez facilement l'hématoxyline. Ces changements de comportement vis-à-vis des fixateurs et des colorants marchent parallèlement avec l'évolution des lipides cytoplasmiques que nous décrirons plus loin.

En résumé, il y a bouleversement progressif de la structure vacuolaire, granulisation et renversement complet de l'aspect initial du cytoplasme.

CHONDRIOME.

Au cours de l'évolution cellulaire, sous l'influence de la narcose, nous observerons toujours jusqu'aux tout derniers stades la présence de grains sidérophiles de même aspect et de mêmes affinités pour l'hématoxyline que les chondriosomes de la cellule initiale. De sorte, qu'on a l'impression que les grains mitochondriaux ne subiraient pas de changements apparents.

Les chondriocontes sont plus ou moins rapidement altérés. Nous les avons vu persister sans changement appréciable après 1 heure ou 1 heure 1/2 de contact avec une atmosphère saturée d'éther. Ce n'est guère qu'à ce moment qu'apparaissent des modifications

sensibles ; celles-ci sont plus précoces en vapeurs saturantes ou dans l'eau saturée d'éther. Il arrive un certain moment où, dans la cellule, il n'existe plus d'autres inclusions correspondant au chondriome, que des grains sidérophiles (fig. 7 et 8) ; les uns peuvent être considérés comme des mitochondries granuleuses inaltérées, les autres proviennent vraisemblablement de la granulisation des chondriocotes.

On observe, en effet, des stades qui traduisent parfaitement cette transformation. La cellule renferme alors des files de grains comparables par leur disposition en chaînette à des streptocoques, et correspondant par leur aspect à ce que l'on appelle des chondriomites (fig. 5 et 6). Nous considérons que ces files de granulations représentent le trajet d'une chondriocote. Sur le trajet de celui-ci, par suite d'une dissociation des éléments constitutants, se sont séparés les grains qui conservent pour l'hématoxyline, les affinités du chondriocote aux dépens duquel ils se sont formés. (Nous n'avons pu mettre en évidence un « filament support » réunissant ces grains entre eux).

Nous devons faire remarquer que par une observation attentive, nous n'avons jamais trouvé qu'exceptionnellement de tels aspects dans les cellules normales, alors qu'ils sont constants à certains moments de l'altération des cellules. L'existence de ces grains sériés correspond au début de la granulisation du cytoplasme et de sa transformation en « boules ».

Nous n'avons pas observé, malgré tous les soins que nous avons apportés à cette recherche, de gonflement,

de « cavulation » des éléments du chondriome ; les petites vésicules, que l'on observe à côté des chondriocontes altérés, ne sont autres, à notre avis, que les petits plastes existant déjà dans la cellule normale.

Plus tard, les grains, nés de la transformation que nous venons de décrire, se disperseront dans le cytoplasme où on les retrouvera épars avec les grains mitochondriaux initiaux.

Un autre aspect d'altération du chondriome consiste dans des phénomènes d'agglutination moins constants que ceux de granulisation. Ils sont représentés dans les figures 3 et 4. Les chondriocontes se rapprochent, s'enchevêtrent et peuvent former finalement de véritables réseaux, confus, comme ceux de la figure 4. Dans ces réseaux, on distingue des sortes de vésicules irrégulières, dont les unes correspondent sans aucun doute à l'enchevêtrement de plusieurs chondriocontes, mais dont certains pourraient s'expliquer aussi bien par le gonflement et la vacuolisation d'un seul élément.

LES PLASTES.

Dans les cellules de la région méristématique, les plastes sont toujours très petits et, en général, nous ont toujours paru peu nombreux.

Assez tard seulement, ils paraissent subir un gonflement et une granulisation. Par comparaison avec des cellules normales observées dans des régions identiques, ils ont un volume plus grand et leur contour est souvent représenté par toute une série de grains

(figure 8). Les petits plastes, plus résistants que les chondriocotes, finissent cependant par subir l'action de l'éther ou du chloroforme. Ils se gonflent et leur contour devient granuleux, transformation comparable à celle que subissent les chondriocotes. Ces changements se retrouvent chez les plastes, plus évolués, des cellules un peu éloignées du méristème. Certains de ceux-ci subissent la granulisation ; d'autres des changements de forme. Leur contour devient plus flexueux, ils se déforment et se flétrissent. Ajoutons que nous avons également observé une agglutination des plastes ; 2 ou 3 plastes rapprochés présentent l'aspect de 2 ou 3 cellules de levure juxtaposées (fig. 4).

INCLUSIONS GRAISSEUSES.

Dans les cellules normales, les seules inclusions osmio réductrices que l'on observe, sont de très petits grains colorés en gris : les microsomes. Peu à peu vont apparaître des inclusions osmiophiles plus volumineuses. A ce point de vue il faut étudier les cellules ayant subi le maximum d'altération (figure 10). Nous avons dit que le cytoplasme y est transformé en « boules » irrégulières, légèrement sidérophiles et osmiophiles. Lorsque l'on colore ces cellules à l'aide de la safranine et du vert-Lumière suivant la technique décrite plus haut, on y aperçoit, réparties irrégulièrement, un certain nombre d'inclusions fortement colorées en noir par l'acide osmique : ce sont des gouttelettes sphériques et de volume inégal, qui se distinguent très nettement par l'intensité de leur coloration

et par la netteté de leur contour, des « boules » cytoplasmiques.

Ces inclusions représentent des gouttelettes grasses ; elles proviennent du démasquage des graisses ou plus généralement, des lipides osmio-réducteurs intimement mêlés au cytoplasme dans la cellule normale. Peut être, les lipides du chondriome prennent-ils part aussi à leur formation ? On a donné à ce phénomène le nom de **lipophanérose**.

LES NOYAUX.

L'étude des noyaux a été faite toujours en comparant très exactement les pièces narcotisées aux témoins correspondants, fixés au début et à la fin de l'expérience. Elle a permis avant tout de constater que comme on le savait déjà, l'action forte des anesthésiques bloque les cinèses. Aucune de nos expériences ne correspondait aux faibles intensités d'action, capables d'après divers auteurs, de provoquer au contraire une accélération des mouvements cinétiques. C'est un point que nous laissons de côté.

Nous allons distinguer suivant l'état des noyaux, trois moments :

- 1^o Les noyaux en interphase de la région méristématique et les noyaux quiescents des régions susméristématiques.
- 2^o Les divers stades qui vont du début de la prophase à la séparation des chromosomes individualisés ;

3° Les noyaux qui se trouvent à la fin de la prophase (chromosomes individualisés) et aux stades ultérieurs (métaphase, anaphase et télophase).

Noyaux interphasiques et quiescents. — Les noyaux montrent en dehors des nucléoles un fin réseau à petites mailles, faiblement colorable par l'hématoxyline, sans qu'on y puisse distinguer, en général, de grains chromatiques, plus colorables (réseau lininien).

En observant les modifications du noyau chez des racines plongées dans l'eau saturée d'éther, voici ce que nous avons observé.

Le contour du noyau s'accuse de façon plus nette et parfois nous avons constaté qu'il devient sinueux, le noyau prenant un aspect amiboïde plus ou moins marqué, sans modifications sensibles du volume.

Puis, les trabécules du réseau s'épaississent et peu à peu, le noyau se contracte. Après 6 heures de narcose, on peut considérer que le diamètre des noyaux a diminué de moitié environ. Le réseau est encore reconnaissable, mais plus gonflé (fig. 13). Par la suite il semble que la diminution de volume s'accroisse encore légèrement et surtout on constate la disparition de toute structure reconnaissable à l'exclusion des nucléoles (fig. 14 et 15).

Le noyau apparaît alors comme une vésicule homogène uniformément colorée en gris par l'hématoxyline, dans laquelle persistent les nucléoles, qui semblent, eux aussi, contractés. Pour une narcose de

plus longue durée, on constate même chez un certain nombre de noyaux, la disparition de ceux-ci.

Il y a donc eu, dans ces conditions, homogénéisation du noyau, pouvant aller jusqu'à la dissolution du nucléole et en même temps forte contraction.

Dans les racines exposées aux vapeurs d'éther, les phénomènes sont de même ordre, mais moins réguliers. Parfois le réseau prend un aspect fortement alvéolaire, spumeux, avec particules chromatiques, plus colorables aux mailles du réseau. Cependant, cet aspect appartiendrait plutôt aux premiers stades de la prophase, il correspondrait en somme à une période de l'évolution du noyau, intermédiaire entre le repos et le début de la prophase.

Les débuts de la prophase. — Nous comprenons ici tous les stades qui se succèdent jusqu'à ce que les chromosomes soient parfaitement individualisés. Normalement on observe les modifications d'aspect suivantes : le réseau quiescent se fragmente en éléments alvéolisés, puis les jeunes chromosomes apparaissent sous forme de filaments spiralés ; ceux-ci se transforment finalement en donnant les chromosomes « adultes ». Cette évolution a été longuement étudiée par les auteurs ; nous n'en rappelons ici que les stades fondamentaux.

Pendant toute cette période, les ébauches de chromosomes qui se sont dégagés du réseau initial sont très sensibles à l'action des anesthésiques. Pour les premiers stades, on constate la formation de réseaux à

mailles plus larges que les réseaux correspondants des noyaux quiescents, à trabécules plus minces, avec des particules chromatiques, colorables, occupant les angles du réseau. Cet aspect, nous l'avons vu plus haut, correspond aux tous premiers stades de la prophase. Cette structure alvéolaire est souvent très accusée et le noyau prend alors un aspect spumeux (fig. 16).

Les filaments spirales qui correspondent aux chromosomes très jeunes perdent toujours, sous l'influence des anesthésiques, cette structure si particulière. On observe à tout ce stade, après action de l'éther, des filaments épais, homogènes, tantôt indépendants les uns des autres, tantôt s'anastomosant et formant alors des réseaux incomplets aux mailles très irrégulières et dont les trabécules sont déjà très chromatiques (fig. 17, 18). Les images observées sont assez variables d'un noyau à l'autre, mais peuvent toutes se rattacher au type que nous venons de décrire. Les nucléoles sont bien distincts : la membrane nucléaire est plus nettement délimitée que dans les noyaux normaux ; le volume du noyau diminue peu à peu comme dans le cas des noyaux quiescents.

En résumé, pendant toute cette période de la prophase, les ébauches des chromosomes s'épaississent, s'homogénéisent et peuvent facilement s'anastomoser entre elles en réseau épais, irrégulier et incomplet.

Fin de la prophase, métaphase, anaphase, télophase.

— A toutes ces périodes de la cinèse, le matériel nucléaire est organisé en chromosomes; déjà à la fin de la

prophase ceux-ci sont individualisés et libres dans la cavité nucléaire. Les chromosomes individualisés vont rester parfaitement distincts sous l'influence de la narcose.

A la fin de la prophase correspondent des noyaux représentés dans les figures 20, 21. Ceux-ci, qui ont subi une narcose prolongée sont fortement contractés. La vésicule nucléaire se colore légèrement par l'hématoxyline ; on y distingue des éléments en forme de bâtonnets, courts, trapus, légèrement incurvés souvent et qui représentent les chromosomes contractés. Parfois ceux-ci se rapprochent tout en restant distincts ; ils peuvent même se rassembler au voisinage du noyau. Quelle que soit la durée de la narcose, du moins jusqu'à 24 heures, les chromosomes restent distincts et les nucléoles persistent encore. La figure 20 représente un noyau particulièrement volumineux, en fin de prophase. Les chromosomes contractent entre eux des anastomoses et forment un réseau confus.

A la métaphase et à l'anaphase, les chromosomes subissent seulement et assez lentement des modifications d'aspect. Ils paraissent, par comparaison avec les images normales, à la fois un peu raccourcis et gonflés. Ce gonflement s'observe particulièrement à l'extrémité des chromosomes, qui s'étale légèrement, s'élargit, donnant une image comparable à celle d'une goutte de liquide visqueux, s'écoulant lentement en se renflant à son extrémité inférieure (fig. 22).

A l'anaphase, on distingue parfois des anastomoses entre chromosomes voisins (fig. 23).

On constate aussi parfois chez les chromosomes

métaphasiques ou anaphasiques une alvéolisation semblable à celle qui apparaît normalement chez les chromosomes à la fin de la télophase (fig. 23).

On peut également constater, quand on différencie fortement, que les chromosomes sont sur leur lisière beaucoup plus colorés que dans la partie centrale. Il y aurait accumulation de la substance chromatique à la périphérie. Sous l'influence des anesthésiques, les fibres fusoriales sont détruites et l'aire nucléaire n'est plus distincte du cytoplasme.

En résumé, aux phases caractéristiques de la cinèse, les chromosomes semblent devenus plus visqueux, d'où résulte une légère modification de leur forme avec, parfois, émission de sortes de pseudopodes, pouvant créer entre chromosomes voisins des anastomoses.

Au cours de toutes nos expériences, nous n'avons jamais observé d'aspect correspondant à l'expulsion de chromidies. Nous n'avons pas retrouvé non plus les phénomènes d'éclatement du noyau, cités par Nemec. Enfin, nous n'avons pas vu d'images de pynose typique. On peut en rapprocher seulement les noyaux en fin de prophase, chez lesquels les chromosomes contractés se rassemblent autour du nucléole.

RETOUR A LA NORMALE.

Les auteurs qui ont étudié l'action des anesthésiques sur la cellule végétale, ont indiqué que les modifications subies par celle-ci étaient, jusqu'à un certain point, réversibles. On sait d'ailleurs, par les expériences de forçage en particulier, que les plantes peu-

vent, après avoir subi l'action de l'éther ou du chloroforme, poursuivre leur croissance et leur évolution.

Nous avons voulu étudier les modifications apportées à la structure de la cellule anesthésiée et qui marquent son retour vers l'état normal.

Pour cela, les bulbes d'Ail ayant subi pendant un certain temps l'action de l'éther ou du chloroforme, sont replacés dans le même milieu où ils se sont développés. Après 24 ou 48 heures, on prélève des fragments de racines que l'on fixe.

La structure de ces racines est plus tard comparée à celles qui ont été prélevées et fixées à la fin de la période d'action du narcotique.

La résistance des racines à l'action néfaste des anesthésiques est très inégale, comme d'ailleurs leur sensibilité à l'action des mêmes substances. Nous avons constaté parfois que les altérations provoquées par l'anesthésie persistaient ou même s'accroissaient par rapport aux témoins, lorsqu'on replaçait l'Ail dans des conditions normales. Toutefois, comme dans le cas d'altération de la cellule, si les signes de retour à la normale sont d'intensité variable, les étapes du retour se font toujours dans le même sens. Nous les décrirons en suivant le même ordre que précédemment.

CYTOPLASME.

La plasmolyse persiste longtemps ; après 48 heures, de retour à la normale, les cellules sont encore plasmolysées.

Lorsque le cytoplasme a été suffisamment touché pour

se transformer en « boules » (fig. 9 et 10) avec séparation de grosses inclusions osmiophiles, cet aspect persiste et souvent même on constate alors une accentuation des altérations du noyau. Cette modification du cytoplasme est irréversible. Lorsque ce dernier a conservé une structure vacuolaire, même irrégulière, après un temps suffisant, il peut prendre une structure alvéolaire, à peu près typique. Dans ce cas, nous devons pourtant signaler que souvent le vacuome renferme des inclusions sidérophiles, des précipités intravacuolaires, que l'on ne rencontre pas dans les vacuoles du cytoplasme normal (fig. 11). Le vacuome peut prendre alors un aspect réticulaire filamenteux, particulier. On ne peut considérer cette sorte de sécrétion intravacuolaire, comme un processus accentué d'altération, car nous l'avons vu coïncider avec des signes évidents de rétablissement de la structure du chondriome ou du noyau. La nature de la sécrétion ou de la substance intravacuolaire nous est complètement inconnue.

CHONDRIOME.

Nous avons vu que l'altération du chondriome consistait essentiellement en une granulisation des chondriocontes avec dissémination des grains dans la cellule. Pour des objets ayant subi cette dégradation, nous avons vu après 24 ou 48 heures reparaitre dans la cellule des chondriocontes typiques.

On pouvait craindre que les cellules ainsi observées ne soient en réalité que des cellules ayant, par excep-

tion, échappé aux altérations subies par des cellules voisines ou par d'autres racines appartenant à un même lot et inégalement altérées. Nous avons apporté tous nos soins à vérifier que nous n'avions pas commis cette erreur d'interprétation. Nous avons pu constater en effet l'existence de chondriocôtes dans des cellules chez lesquelles le noyau témoignait par ses modifications de structure que la narcose avait bien exercé son action habituelle; en effet, nous avons pu constater que le retour du noyau à la normale est plus tardif que celui du chondriome.

Il ne nous paraît donc pas douteux qu'après leur destruction par granulisation sous l'influence des anesthésiques les chondriocôtes peuvent se reconstituer.

Lorsque, cependant, l'action de la narcose ayant été très marquée, les granulations du type mitochondrial se sont rassemblées en gouttelettes plus volumineuses (fig. 9) il n'y a pas reconstitution des chondriocôtes.

LES PLASTES.

Nous avons vu que ceux-ci ne sont que tardivement et peu profondément touchés par la narcose; après retour à la normale on les retrouve tels quels dans la cellule.

NOYAU.

Les modifications subies aboutissent, au maximum, dans nos expériences, à une très forte contraction avec homogénéisation du contenu. C'est ce que nous avons observé, par exemple, dans des racines ayant séjourné

pendant 12 ou 24 heures dans de l'eau saturée d'éther. Dans celles-ci on retrouve exclusivement : des images d'anaphase ou de télophase, des aspects de fin de prophase avec noyaux contractés et chromosomes contractés et distincts, enfin des noyaux correspondant à l'état quiescent et dont la cavité est colorée d'une façon à peu près homogène par l'hématoxyline.

Ces mêmes racines ont été fixées et observées après 24 ou 48 heures de séjour dans l'eau distillée. On y retrouve des images d'anaphase et de télophase, d'aspect identique au précédent.

Les noyaux sont encore fortement contractés ; ceux qui se trouvent en fin de prophase présentent encore des chromosomes distincts, mais la cavité nucléaire ne retient plus l'hématoxyline comme précédemment.

Enfin, on retrouve des noyaux présentant un réticulum faiblement sidérophile, identique au réseau légèrement épaissi que l'on observe chez les noyaux quiescents au début de l'action du narcotique. Ce sont là des signes évidents de retour vers la normale.

Nous n'avons pas suivi l'évolution des noyaux après un retour à la normale de plus longue durée. On sait d'ailleurs par les expériences de divers auteurs que chez des racines éthérisées ou chloralisées, les cinèses reparaissent.

Hordeum vulgare L.

Les expériences ont été faites sur des graines d'*Hordeum vulgare*. Les graines sont mises à tremper dans l'eau pendant 24 heures, puis à germer sur papier

filtre humide ou dans le sable. L'exposition aux vapeurs anesthésiques est faite dans les mêmes conditions que pour l'Ail et, pour observer le retour à la normale, on place les graines anesthésiées sur papier filtré humide. Comme chez l'*Allium*, les racines perdent leur turgescence, deviennent flasques, s'aminçissent; elles sont très fragiles et s'écrasent très facilement au cours des manipulations.

CYTOPLASME.

Les modifications de structure du cytoplasme se succèdent de la même manière que chez l'*Allium*. La structure alvéolaire persiste pendant un certain temps. La forme des vacuoles se modifie, en même temps que le cytoplasme devient granuleux. On passe ainsi peu à peu de la structure normale à la dissociation du cytoplasme en « boules » granuleuses, irrégulières, légèrement sidérophiles et osmiophiles. En même temps, on voit apparaître dans la cellule les mêmes inclusions osmiophiles que dans l'*Allium*. Il y a donc encore libération de lipides osmio-réducteurs (graisses) se rassemblant en inclusions de plus en plus volumineuses. Tous ces phénomènes s'effectuent dans un cytoplasme plasmolysé dès le début de l'expérience.

CHONDRIOME ET PLASTES.

Le chondriome observé chez les témoins, s'est montré constitué par des grains mitochondriaux et des bâtonnets courts et minces. Il y a peu de chondrio-

contes longs ; on ne les rencontre guère que dans les régions déjà un peu éloignées de la zone méristématique. Sous l'influence de la narcose, après 1 h. 30 en moyenne, on n'observe plus que des grains. On ne voit pas avec la même netteté que chez l'*Allium*, la granulisation des chondriocotes. Chez l'*Allium* en effet, ceux-ci, plus longs, se retrouvent sous l'aspect de chaînes de grains, facilement reconnaissables, tandis que les bâtonnets plus courts de l'Orge ne peuvent donner qu'un très petit nombre de grains disposés en files.

On observe bien dans les cellules, deux ou trois grains, disposés côte à côte et correspondant à ces bâtonnets. Mais ce n'est que par analogie avec l'Ail ou le Radis que l'on peut penser aux phénomènes de granulation directe des chondriocotes. Nous n'avons pas vu de gonflement de ces bâtonnets ; les seules petites vésicules observées correspondent aux plastes. Ces derniers, en effet, paraissent persister très longtemps sans changement sensible, comme dans l'*Allium*.

Plus tard, les grains d'origine mitochondriale se rassemblent en gouttelettes plus volumineuses, très nettement distinctes des inclusions graisseuses osmio-réductrices

LES NOYAUX.

L'évolution normale de la cinèse chez l'Orge est très comparable à celle que l'on observe chez l'Ail. Dans le noyau quiescent, existe un fin réseau alvéolaire, régulier, à trabécules minces, peu colorable, sans inclusions chromatiques distinctes (fig. 36). A partir de

ce réseau se forment des bandes alvéolisées (fig. 37) qui donneront des éléments spirals, ébauches des chromosomes (fig. 38). La transformation de ces bandes spirales, aboutira à la formation de chromosomes, dispersés dans le vésicule nucléaire, à la fin de la prophase (fig. 39).

Sous l'influence de l'éther, les noyaux quiescents se contractent, offrant transitoirement des aspects amiboïdes. Le réseau s'épaissit et devient plus distinct (fig. 39 et 40), les nucléoles diminuent de volume. Après 24 heures d'exposition aux vapeurs d'éther la contraction de ces noyaux est maximum ; les mailles du réseau ont disparu en totalité ou en grande partie, et la cavité nucléaire retient uniformément l'hématoxyline (fig. 41). Dans beaucoup de ces noyaux, le nucléole a disparu. La contraction observée peut être considérable, le diamètre peut être réduit de plus de moitié.

On observe, d'autre part, des formes fortement alvéolisées des noyaux, présentant des aspects assez variables.

Chez certains de ces noyaux (fig. 43 et 44) on distingue une région très fortement colorée, de forme irrégulière avec une masse centrale, d'où partent des diverticules formant le début des trabécules du réseau. Ceux-ci retiennent de moins en moins l'hématoxyline à mesure que l'on s'éloigne de la masse centrale ; les mailles du réseau sont très inégales. Dans la région centrale fortement colorable se trouve parfois distinct le nucléole. Dans d'autres cas, celui-ci ne peut être retrouvé. Nous admettons que ces aspects correspondent à la dissolu-

tion du nucléole, la forte coloration du réseau à son voisinage étant due à la diffusion de la substance nucléolaire. A ces aspects correspondent les figures 43 à 45.

Si l'on considère la figure 50, le noyau est représenté par un réseau peu colorable, d'alvéoles inégales ; il n'y a plus de membrane limitante distincte ; le contour de la masse correspondant au noyau légèrement sinueux est constitué par l'ensemble des parois externes des alvéoles. Cet aspect correspondrait à l'évolution ultérieure des noyaux ci-dessus décrits. Après la dissolution du nucléole, dont la substance imprègne les mailles du réseau, il y a diffusion des substances chromatiques et nucléolaires en dehors du noyau, sans que l'on puisse constater l'émission de particules chromidiales : il y a nucléolyse et chromatolyse ; la linine persiste.

Les noyaux de la figure 42 correspondent au début de l'évolution précédente, avant la dissolution des nucléoles qui sont encore indépendants du réseau nucléaire.

Tous les noyaux que nous venons de décrire présentent par rapport aux noyaux normaux des degrés de contraction variables. A ce point de vue toutefois, il semble qu'il y avait d'abord contraction du noyau puis, lorsque toute membrane nucléaire distincte a disparu, on assiste au contraire à un accroissement de volume de la masse alvéolisée. C'est du moins ce qui ressort d'une observation d'ensemble, les noyaux présentant souvent normalement d'assez nettes différences de volume, d'une cellule à l'autre. La structure représen-

tée dans la figure 50 peut se transformer très facilement en donnant les formes d'éclatement ou d'étirement que nous allons décrire.

En effet, les derniers termes d'altération du noyau sont représentés par les figures 51 à 53. On voit ici des masses étirées, alvéolisées, puis filamenteuses que nous interprétons comme la rupture des réseaux nucléaires fortement alvéolisés avec disparition complète du noyau. Ces formes d'étirement et d'éclatement sont à rapprocher de celles qui ont été signalées par Nemec.

Dans d'autres cas, on observe une contraction irrégulière des noyaux alvéolisés, encore fortement chromatiques, aboutissant aux aspects « ridés » que représentent les figures 46 à 49.

Nous devons signaler d'autres aspects d'altération des noyaux, différents des précédents et que nous avons rencontrés surtout dans les régions un peu éloignées du méristème. Chez ceux-ci (fig. 54 et 55) on distingue encore des nucléoles, un réseau peu colorable, irrégulier et des gouttelettes sidérophiles, parfaitement sphériques, de volume variable, tantôt situées, autant qu'on peut en juger, sur le trajet même du réseau, tantôt indépendantes de celui-ci. Il y aurait alors séparation de la chromatine se rassemblant en gouttelettes au sein de la cavité nucléaire. De tels aspects ont été observés très rarement chez l'Ail. Nous les retrouvons assez fréquemment chez le Radis. Ils correspondent à des débuts de caryorhexis.

Les différences de structure représentées dans les

figures 42 à 53 correspondent aux divers stades d'évolution des noyaux qui vont des bandes alvéolisées jusqu'à la séparation des chromosomes définitifs. On ne retrouve jamais, en effet, dans les pièces éthérisées les stades de la cinèse compris entre les noyaux quiescents, tels que celui de la figure 36 et ceux qui se trouvent vers la fin de la prophase, avec chromosomes « adultes ».

Comme chez l'*Allium*, les chromosomes de la fin de la prophase, ne subissent, sous l'influence de la narcose, d'autres modifications qu'un gonflement avec, parfois, de légères anastomoses entre chromosomes voisins. Quant à ceux de la métaphase, de l'anaphase et des débuts de la télophase, ils présentent simplement des signes de gonflement et quelquefois d'alvéolisation précoce.

RETOUR A LA NORMALE.

Chez les racines qui n'ont pas subi plus de deux à trois heures d'éthérisation, nous avons pu constater après 24 ou 48 heures la réapparition d'un chondriome typique. Chez les noyaux on constate également un retour vers la structure normale ; il existe des noyaux quiescents typiques et des stades de début prophasique qui avaient été nettement altérés par l'éthérisation. Cependant, le cytoplasme est encore plasmolysé ; d'autre part, on y trouve souvent, comme chez l'*Allium*, un réticulum vacuolaire renfermant un précipité ou un coagulum sidérophile.

***Pisum sativum* L.**

Nous avons effectué sur le Pois des expériences entièrement comparables aux précédentes. L'exposé des résultats sera très bref.

En effet, qu'il s'agisse du cytoplasme, du chondriome ou du noyau, les faits observés sont entièrement comparables à ceux que nous avons constaté chez l'Orge ou chez l'Ail. Aucune particularité remarquable n'a été constatée. En ce qui concerne les noyaux, il n'est pas un aspect qui ne trouve de correspondant chez l'Ail ou l'Orge. D'une façon générale, les phénomènes d'altération du noyau ont été moins marqués que dans l'Ail ou l'Orge, pour une même durée d'action des agents employés. Ceci s'explique par leur pénétration plus lente, les racines étant ici plus volumineuses et les tissus plus compacts.

***Raphanus sativus* L.**

Les graines de Radis ont été mises à germer dans le sable et exposées aux vapeurs d'éther, dans les mêmes conditions que l'Ail et l'Orge. Comme toujours, l'action de l'éther se manifeste extérieurement par le ramollissement et l'amincissement subterminal des racines.

Nous avons de plus observé ici, de façon à peu près constante, un petit fait assez curieux : l'extrémité des racines et les radicelles prend une faible coloration bleue verdâtre; en examinant directement l'extrémité des radicelles au microscope, on y aperçoit des granu-

lations bleu verdâtre dont la nature nous est inconnue.

D'autre part, signalons en passant que, sous l'influence de la narcose, on perçoit très nettement, par suite de l'hydrolyse diastasique du glucoside, l'odeur de l'essence (isosulfocyanate d'allyle).

CYTOPLASME.

Normalement homogène, il est creusé de vacuoles plus ou moins nombreuses et volumineuses suivant le degré de différenciation des cellules. Comme de coutume, on observe successivement le phénomène de plasmolyse, l'altération de la structure vacuolaire, la granulisation du cytoplasme et sa transformation finale en gros grains ou en boules irrégulières. Cette transformation s'accompagne, vers la fin, de l'isolement de grosses inclusions osmiophiles qui n'existent pas dans la cellule normale (lipophanérose).

CHONDRIOME.

Les phénomènes d'altération du chondriome ont consisté ici encore en une granulisation. Les grains, d'abord orientés en file (chondriomites), se dispersent peu à peu dans le cytoplasme ; puis il y a formation, aux stades les plus avancés de l'altération, de grains plus volumineux que les précédents, différents des inclusions osmiophiles et que nous considérons, comme dans les autres exemples, comme représentant la fusion des grains précédents. Ici, non plus, nous n'avons pu constater de gonflement et de vésiculation des chondriocontes.

PLASTES.

Les petits plastes observés dans les cellules résistent fort bien à l'action de la narcose et semblent persister sans altérations reconnaissables, à l'action de l'éther, après 2 à 4 heures d'exposition.

NOYAU.

L'étude des modifications du noyau sous l'influence des vapeurs d'éther, chez les plantules de *Raphanus sativus*, a été faite il y a quelques mois, par Hocquette et Mlle Villard [26]. Lorsque nous avons eu connaissance de leur travail, quelques semaines après sa publication, nous avons nous-même effectué les expériences dont nous donnons ici les résultats. Nous avons cru devoir cependant les publier. On verra d'ailleurs que, dans l'ensemble, nous avons observé les mêmes faits, et nous reconnaissons volontiers la priorité acquise par ces auteurs.

Depuis les travaux de Rosenberg [46, 47] sur le *Capsella Bursa Pastoris* L, le noyau des Crucifères en général a pu être considéré comme un type de noyaux à prochromosomes. La même structure a été retrouvée depuis et tout récemment encore Eichorn [11] a confirmé chez *Sinapis nigra* la structure nucléaire décrite par Rosenberg sur *Capsella Bursa Pastoris*.

La structure du noyau quiescent et les différentes phases de la cinèse chez le Radis sont identiques aux précédentes. Dans le noyau quiescent, on observe un

gros nucléole et de petits grains chromatiques parfaitement individualisés et appliqués contre la paroi nucléaire.

On peut considérer très justement que ces grains sont absolument indépendants les uns des autres et qu'aucun réseau ne les réunit. Cependant, il n'est pas impossible qu'un mince filament les réunisse, qui, appliqué étroitement lui-même contre la membrane nucléaire, ne pourrait être distingué. Bientôt, au début de la prophase, les prochromosomes se détachent de la paroi nucléaire ; ils apparaissent unis à ce moment par un filament délicat, dont la présence nous paraît certaine ; ces grains ont légèrement augmenté de volume. Nous n'avons pu suivre étroitement leur transformation en chromosomes, changement d'ailleurs difficile à suivre, étant donnée la petitesse des éléments. A la fin de la prophase, les chromosomes apparaissent libres, dans la cavité nucléaire. Les autres phases de la cinèse ne nous ont montré aucune particularité à retenir (fig. 24 à 25).

Chez les noyaux quiescents, l'action de l'éther se manifeste d'abord par l'accentuation de la membrane nucléaire, puis par l'apparition de formes amiboïdes plus ou moins marquées (fig. 30). A mesure que l'action de la narcose s'accroît, le volume nucléaire diminue considérablement (de moitié environ). Les grains chromatiques sont toujours parfaitement visibles : ils se rapprochent du nucléole et l'on observe des noyaux chez lesquels ils sont intimement accolés à celui-ci (fig. 26 à 28). Lorsque l'accolement est maxi-

mun, on n'observe plus qu'une masse à contours un peu « verruqueux » et que l'on est tenté de considérer comme représentant le nucléole déformé; dans ce cas, la chromatine aurait disparu. Nous ne croyons pas à cette disparition de la chromatine, en raison des images nombreuses où nous avons observé le rapprochement progressif des prochromosomes et du nucléole. D'ailleurs, lorsque les pièces correspondant à cet état du noyau sont replacées dans des conditions normales de vie, on voit apparaître rapidement les grains chromatiques; ceux-ci, accomplissant un voyage inverse, s'éloigneront peu à peu du nucléole pour regagner la périphérie du noyau. La période de contraction maximum avec accollement des grains chromatiques et du nucléole correspond à des aspects de pynose.

Les phénomènes que nous venons de décrire s'observent chez des racines ayant subi pendant 2 à 4 heures l'action des vapeurs d'éther saturantes. Pour des durées un peu plus longues nous avons constaté des phénomènes d'altération plus marqués.

Chez certaines cellules, et plus spécialement dans les régions différenciées, le noyau contracté montre, outre le nucléole, des particules chromatiques qui ont ici l'aspect de gouttelettes parfaitement régulières, éparses dans la cavité nucléaire. Il nous a semblé que celles-ci sont moins nombreuses que les prochromosomes et pourraient peut-être provenir de leur fusion.

Chez d'autres noyaux enfin, très fortement contractés, on ne distingue plus aucune trace de structure. Le noyau n'est plus qu'un corpuscule homogène ne rete-

nant que très faiblement l'hématoxyline (chromatolyse).

Signalons que, malgré tout le soin apporté à l'examen de nos préparations, nous n'avons pu constater d'images correspondant à l'expulsion de chromatine figurée (chromidies) hors du noyau. Toutes les inclusions sidérophiles dont nous avons pu constater la présence dans la cellule nous ont paru pouvoir être rapportées aux grains d'origine mitochondriale.

Chez les noyaux en début de prophase, nous avons pu constater l'existence de grains chromatiques qui paraissent unis entre eux, par un réseau peu colorable, correspondant à celui signalé précédemment, mais un peu gonflé (fig. 31). Aux stades ultérieurs de la prophase, les chromosomes se montrent souvent partiellement anastomosés entre eux.

A la métaphase, à l'anaphase et au début de la télophase, les chromosomes se sont montrés légèrement gonflés sous l'influence du narcotique.

Comme on le voit, à quelques détails près, peut-être, nos résultats sont comparables à ceux de Hocquette et de Mlle Villard. Etant donné leur priorité, nous n'avons pas fait de nouvelles expériences.

RETOUR A LA NORMALE.

Après 24 à 48 heures, nous avons vu reparaitre les chondriocontes dans des racines ayant subi 2 à 3 heures d'éthérisation ; leur disparition ayant été contrôlée chez d'autres pièces du même lot, fixées immédiatement après l'anesthésie.

Nous avons dit plus haut par quelles phases les

noyaux des mêmes pièces reprennent une structure normale.

Par contre, nous n'avons observé aucun signe de retour même après 48 heures, lorsque le cytoplasme a été transformé en « boules », et que le noyau a perdu toute structure reconnaissable.

Aucuba japonica L.

Les feuilles d'*Aucuba japonica* sous l'influence du gel ou des anesthésiques prennent une coloration noire, résultant du dédoublement de l'aucuboside et de la polymérisation de l'aucubigénol libéré.

Nous avons soumis des feuilles d'*Aucuba* à l'action du chloroforme pendant une heure afin d'observer les modifications apportées à la structure de la cellule.

La cellule chlorophyllienne normale renferme un certain nombre de plastes répartis, chez les témoins que nous avons observés, dans la région pariétale ; il y a peu de cytoplasme. Une coloration par les méthodes mitochondriales montre qu'il existe, en dehors des plastes, des grains mitochondriaux et quelques chondriocontes (fig. 32). D'autre part, il se trouve également de nombreux grains osmiophiles (microsomes).

Sous l'influence du chloroforme, le contenu cellulaire se rassemble au centre de la cellule en une masse de structure confuse, au milieu de laquelle on reconnaît le noyau ; sur son pourtour sont rassemblés les chloroplastes qui forment comme une chaîne (fig. 33).

Les colorations mitochondriales ne montrent plus

que des grains, les chondriocotes ont disparu. Les plastes ne paraissent pas sensiblement modifiés ; ils apparaissent homogènes, uniformément colorés par l'hématoxyline. Cependant, par une différenciation convenable, on voit réparties sur le pourtour de certains d'entre eux, des granulations sidérophiles qui semblent témoigner d'une granulisation de leur paroi ; cette transformation ne se rencontre que sur une partie des plastes et, chez les témoins, de tels aspects ne sont pas rares. Dans les conditions où nous nous sommes placé, les plastes sont donc peu modifiés.

On sait qu'au cours d'altérations semblables on a signalé une séparation de globules graisseux par altération des plastes. Nous avons observé à ce point de vue des pièces fixées au liquide de Flemming et colorées par la Safranine et le Vert-Lumière. Cet examen ne nous a pas permis de conclure en faveur de la formation de particules graisseuses. En effet, chez les témoins, le plaste apparaît parsemé de granulations osmiophiles, aussi nombreuses que chez les pièces chloroformées (fig. 34). Ces grains graisseux, osmiophiles, nous ont paru extérieurs aux plastes, comme si au voisinage de ceux-ci, il y avait accumulation des grains osmio-réducteurs que l'on rencontre dans toute la cellule.

Dans les pièces chloroformées, les seuls éléments osmiophiles que l'on rencontre nous ont paru encore extérieurs aux plastes. La seule différence consiste en ce que les petits grains osmiophiles sont mêlés de gouttelettes plus volumineuses. Celles-ci représentent

la fusion des corpuscules graisseux libérés du cytoplasme par lipophanérose (fig. 35).

Comme on le voit, l'action du chloroforme s'est traduite ici seulement par la contraction du contour cellulaire avec destruction des chondriocentes et des modifications peu sensibles de la structure des plastes.

En ce qui concerne le noyau, nous avons constaté qu'il diminue de volume, et ne présente plus le réseau chromatique que l'on observe chez la plupart des noyaux de la feuille témoin ; il y a chromatolyse et persistance d'un réseau lininien très gonflé ou d'une masse lininienne occupant toute la cavité nucléaire. Aux stades étudiés, les nucléoles existent encore.

***Elodea canadensis* L.**

Le comportement des cellules d'*Elodea* vis-à-vis de l'éther ou du chloroforme ou des rayons ultra-violets a déjà été étudié par Beauverie et Cornet [5, 6]. Nous avons fait cependant quelques expériences.

Des tiges feuillées d'*Elodea* ont été placées sous cloche, au-dessus des vapeurs d'éther. Elles y ont été laissées pendant un temps variable de 30' à 6 heures. Nous nous sommes assuré que les feuilles étaient constamment humides en les arrosant fréquemment. Cette précaution, qui nous paraissait nécessaire pour éviter l'altération possible des cellules par dessiccation, était entièrement justifiée, comme viennent de la signaler Cornet et Gilles [9]. Nous avons pu constater que des feuilles « témoins » dans les mêmes con-

ditions, c'est-à-dire simplement arrosées de temps à autre, n'avaient subi aucune altération de structure.

Le cytoplasme se plasmolyse, se granulise et se transforme finalement en boules, comme d'habitude.

Les noyaux prennent d'abord transitoirement des formes amiboïdes, puis se contractent. Le réseau linien se gonfle. Les particules chromatiques restent distinctes. Chez les noyaux les plus altérés, les inclusions chromatiques se rapprochent du nucléole et quelques aspects de pycnose que nous avons observés correspondent au dernier stade de ce processus. Nos expériences étant relativement de courte durée, nous n'avons pu observer de chromatolyse caractérisée.

Le chondriome du bourgeon est représenté par des grains et des chondriocontes. Après 30' de narcose, nous n'avons pas constaté de modifications. Après 1 h. 30 environ, il y a granulisation *directe* des chondriocontes, sans gonflement préalable, comme nous l'avons constaté chez l'Ail ou le Radis. Les grains, disposés en file au début, se dispersent dans la cellule, confluent en grains plus volumineux qui, tardivement, peuvent se gonfler. Les chondriocontes de l'axe végétatif se comporte de même.

Les plastes n'ont pas subi d'altération sensible, dans presque tous les cas observés ; on a constaté pourtant quelquefois la granulisation de leur paroi. Dans les cellules âgées, ces plastes peuvent s'accoler autour du cytoplasme contracté, comme dans la feuille d'Aucuba.

Chez les jeunes feuilles, on observe les divers stades d'évolution qui vont du chondrioconte long et mince

aux plastes adultes. Toutes ces formes intermédiaires sont moins sensibles à l'action de l'éther que les chondriocontes et plus sensibles que les plastes adultes. Leur destruction donne naissance à des grains lipidiques sidérophiles qui se rassemblent en gouttelettes, de sorte que, dans les feuilles à demi évoluées, on trouve, après une éthérisation de 2 à 3 heures, à côté des plastes non modifiés, des grains lipidiques de volume variable, dispersés dans la cellule.

Nos résultats sont donc assez différents de ceux qu'ont obtenus Beauverie et Cornet. Les plastes se sont montrés plus résistants au cours de nos expériences et surtout nous n'avons pas obtenu la vésiculation des chondriocontes. Ces divergences peuvent s'expliquer par des conditions expérimentales différentes. Mais, nous devons aussi insister sur une cause d'erreur possible dans l'observation des phénomènes.

Parmi les bourgeons que nous avons observés, certains présentaient un aspect parfaitement sain. C'est seulement de l'examen de ceux-ci que nous avons tenu compte. D'autres étaient évidemment malades. On y observait des cellules épidermiques à parois relativement épaissies et, dans ces cellules, des précipités de nature tannoïdique. A l'examen on observait toujours, chez ces bourgeons, la présence, au moins en divers endroits, de bactéries ayant pénétré dans quelques cellules. En dehors de ces bourgeons dont l'état pathologique était évident, d'autres au premier abord normaux montraient en quelques endroits de leur surface des cellules infestées. Ces bourgeons,

faute d'un examen très attentif auraient put être retenus comme normaux. Or, les éléments cellulaires, s'y montraient, même en dehors des plages visiblement infestées, plus fragiles vis-à-vis de l'éther. Nous avons constaté, dans de telles régions, une granulisation très précoce des plastes. Signalons aussi que, chez les bourgeons atteints, les noyaux présentaient très souvent un aspect très irrégulier, quelquefois lobé, fait d'ailleurs bien connu chez les tissus parasités.

Il nous a paru intéressant de signaler ces faits, parce qu'on peut craindre qu'un bourgeon en apparence sain ne soit en réalité modifié à distance par l'état pathologique de tissus voisins. Il y aurait alors modification du comportement des constituants cellulaires, plus fragiles, comme l'a montré d'ailleurs Beauverie dans divers cas [4].

CHAPITRE III

DISCUSSION DES FAITS OBSERVÉS

Les différents objets que nous avons étudiés ont été soumis dans des conditions variables à l'action des anesthésiques (éther, chloroforme). Les effets observés ont varié naturellement suivant la durée de la narcose, et suivant que les objets étaient exposés à l'air saturé d'éther ou à l'action des vapeurs saturantes de l'anesthésique.

Les divers individus soumis en même temps au même traitement subissent des altérations plus ou moins marquées. Cependant, dans l'ensemble, la progression des phénomènes est parfaitement nette. Toutefois, il est un point sur lequel nous devons attirer l'attention : les altérations sont moins marquées lorsque, pendant la durée de l'expérience les, racines restent en contact avec un milieu (papier ou coton) humide. Il nous paraît que ce détail influe sur les résultats obtenus.

A la fin des expériences, les racines se montrent toujours molles ; leur diamètre a diminué, moins à l'extrémité (région méristématique) qu'immédiatement au-dessus, où elles deviennent parfois filiformes. Plon-

gées dans l'eau ou les fixateurs, elles reprennent leur dimension et aspect habituels plus ou moins rapidement.

Tous ces objets sont très fragiles et se dilacèrent très facilement au cours des manipulations. Il est parfois, pour cette raison, difficile d'obtenir de bonnes coupes.

Nous avons remarqué, d'autre part, que les racines éthérisées, remplacées dans le milieu initial, sont facilement envahies par des bactéries. Nous n'avons pas tenu compte dans l'étude du retour à la normale des pièces qui paraissaient infectées. Mais il était intéressant de noter qu'après narcose, les tissus paraissent plus sensibles à l'infection.

Les diverses régions des racines montrent une résistance inégale à l'action de la narcose. Pour les expériences prolongées, nous avons trouvé parfois des régions méristématiques très altérées chez lesquelles il était absolument impossible de distinguer la moindre structure. Peut-être dans ce cas, y avait-il eu, en dehors de l'action de la narcose, des traumatismes au cours des manipulations. Toute description des régions ainsi dégénérées était impossible.

Modifications du cytoplasme.

Le premier signe de modification consiste dans la plasmolyse de la cellule. La contraction apparaît presque immédiatement et persiste pendant toute la durée de l'expérience. Lorsque les pièces sont replacées,

après narcose, dans leur milieu initial, la plasmolyse persiste longtemps et existe encore après 48 heures, même dans les cas où le chondriome et le noyau ont repris leur aspect normal. Ce phénomène de plasmolyse est connu depuis longtemps. On le retrouve sous l'influence de divers agents. Parmi ceux-ci, en dehors de l'éther et du chloroforme dont l'action est classique, il faut citer certains agents chimiques qui ont été expérimentés par Guérin et Lormand (chlore, bromacétone, chloropicrine, ypérite, acroléine, etc...) [16, 17].

Elle est également provoquée par le gel (Guignard [20], Mirande [36], Heckel [23, 24, 25]) et, naturellement, par l'action des liquides hypertoniques.

A ces phénomènes de plasmolyse on a rapporté certains phénomènes d'ordre chimique, facilement appréciables, dédoublement des principes cyanogénétiques (Guignard [20], Mirande [36]), apparition d'odeur de coumarine (Heckel [23, 24], Guérin et Goris [18]), noircissement des feuilles dû au dédoublement de l'aucuboside (Maquenne et Demoussy, Guérin et Lormand [16]).

Nous avons constaté des phénomènes analogues au cours de nos expériences, chez l'Ail ou le Radis, dont les essences sont libérées. Rappelons que nous avons également observé un changement d'aspect des radicules de Radis, consistant en un bleuissement très net.

Aux premiers stades de la narcose, la structure vacuolaire du cytoplasme persiste. Peu à peu les vacuoles se déforment, il apparaît un réseau vacuolaire irrégulier.

gulier, puis le cytoplasme se sépare en masses, indépendantes, ayant l'aspect de « boules » de volume variable (« boules » sarcodiques de Dujardin). A ce moment, il a une structure nettement granuleuse, il retient légèrement l'hématoxyline et réduit quelque peu l'acide osmique.

Des phénomènes comparables ont été décrits par Guilliermond au cours de la plasmolyse des cellules épidermiques des pétales de Tulipe et des feuilles d'Iris [21].

Parallèlement à cette modification du cytoplasme il y a évolution des graisses. Dans la cellule normale, les seuls éléments osmio-réducteurs sont les microsomes. Petit à petit, apparaissent des grains osmiophiles de plus en plus volumineux et qui finissent en se réunissant pour former de grosses inclusions fortement osmio-réductrices. Il y a libération des graisses liées au cytoplasme. C'est le phénomène de lipophanérose.

A ce point de vue, nos recherches confirment donc les résultats obtenus par divers auteurs. Ils concordent en particulier avec les faits observés par Nadson et Meisl sur les cellules épidermiques de l'écaille d'*Allium Cepa* [38].

Ces auteurs admettent que les premières modifications subies par le cytoplasme sont réversibles et que les changements ultérieurs sont définitifs. Nous n'avons pas fait d'examen vitaux, mais les faits observés dans nos expériences de retour à la normale, montrent bien, qu'à partir d'un certain moment, la structure initiale est définitivement détruite. En effet, nous

n'avons jamais observé de retour à une structure normale du cytoplasme, lorsque celui-ci avait été transformé par la narcose en boules granuleuses.

Au contraire, ce retour est possible tant que le cytoplasme, même légèrement granuleux, possède encore une structure alvéolo-réticulée. Dans ce cas, les vacuoles filamenteuses renferment souvent une substance sidérophile que met bien en évidence la coloration de Regaud. Tout se passe comme s'il y avait là une sorte d'excrétion de substance, de nature inconnue, se rassemblant dans les vacuoles. Tout récemment, Gautheret [14] vient d'observer un fait comparable dans des cultures de cellules de la coiffe radiculaire. Il constate, chez des cellules ayant subi la plasmolyse que, après 15 jours à un mois de survie, les vacuoles deviennent plus réfringentes et que cette réfringence est due à la présence de précipités vacuolaires volumineux. Les deux faits nous paraissent justement comparables.

Modifications du chondriome.

Les phénomènes que nous avons observés touchant la dégénérescence du chondriome, se sont montrés partout identiques.

Les grains mitochondriaux paraissent inchangés ; ils existent dans la cellule normale à côté de chondriomites. Lorsque ces derniers ont été, comme nous allons le dire, transformés en grains, on ne peut distinguer les grains mitochondriaux de ceux-ci. La trans-

formation des chondriocontes consiste donc en une granulisation. Cette évolution s'observe facilement lorsqu'il s'agit de chondriocontes longs, plus difficilement lorsqu'on a affaire à des bâtonnets courts, comme ceux des cellules d'Orge. Après une durée de narcose suffisante (1 h. 1/2 à 3 heures selon les conditions), on ne trouve plus dans la cellule que des grains se colorant par les techniques mitochondriales ; les chondriocontes ont disparu. Pour des stades intermédiaires on observe des chaînes de grains ayant l'aspect de streptocoques (chondriomites) ; ces files de grains orientés correspondent au trajet d'un chondrioconte sur lequel la dissociation du complexe lipo-protéidique aurait séparé des grains sidérophiles. Par un examen attentif on constate, en effet, les débuts de cette transformation chez certains chondriocontes. Ceux-ci sont alors moins colorables dans leur ensemble et surtout irrégulièrement colorés.

A la fin de cette transformation, il existe donc dans la cellule : des grains mitochondriaux épars correspondant aux mitochondries initiales et des grains disposés en file et représentant les chondriocontes altérés.

Un peu plus tard, on ne trouve plus dans la cellule que des grains de même taille que les précédents, mais dispersés irrégulièrement.

Enfin, à des stades plus avancés de la narcose, les inclusions sidérophiles colorables par les méthodes mitochondriales sont moins nombreuses et plus volumineuses, comme si les grains précédents s'étaient

fusionnés en plus gros corpuscules. A ce moment de l'évolution, la cellule présente toujours une altération très marquée du cytoplasme et l'on y trouve des gouttelettes osmiophiles, relativement importantes. Les gouttelettes sidérophiles sont très nettement distinctes de ces inclusions graisseuses.

Lorsque les pièces anesthésiées sont replacées dans des conditions normales, on voit, si la cellule n'a pas été trop éthérisée, reparaitre entre 24 et 48 heures un chondriome typique. Les chondriocontes se reconstituent et l'on constate l'existence transitoire de chaînes d'aspect streptocopique comme si, par une évolution inverse de la précédente, les grains dispersés s'étaient rapprochés.

Ces phénomènes de réapparition des chondriocontes ont été suivis avec beaucoup de soin. En effet, les diverses pièces soumises à l'éthérisation étant inégalement affectées, on pouvait craindre que les cellules présentant un chondriome réorganisé, appartiennent à des racines moins touchées. Nous pouvons affirmer qu'il n'en est rien et que nous avons bien assisté à la reconstitution des chondriocontes dans des cellules où ils avaient intégralement été réduits en grains.

Cependant, il arrive un moment où, la structure cellulaire étant détruite de façon irréversible, les chondriocontes ne réapparaissent pas. Il en est ainsi, chez les cellules dont le cytoplasme est réduit en « boules » et chez qui les grains mitochondriaux se sont rassemblés en un nombre réduit de gouttelettes plus volumineuses.

En dehors de ce phénomène très général de granulation, nous avons vu, moins fréquemment, des phénomènes d'un autre ordre. Ceux-ci consistaient en une agglutination des chondriocotes qui forment alors des sortes de faisceaux plus ou moins complexes et parfois un véritable réticulum aux mailles irrégulières (fig. 3 et 4), réticulum qui ne pouvait être confondu, dans les cas où nous l'avons observé, avec un vacuome filamenteux. En même temps qu'ils s'agglutinent ainsi, les chondriocotes prennent souvent un aspect irrégulier, un peu gonflé et peuvent émettre sur leur trajet des sortes de petits pseudopodes.

Dans l'ensemble, nous avons ainsi constaté une dégénérescence du chondriome par granulation directe. Ces faits sont donc assez différents de ceux qui ont été constatés d'une façon générale, par divers auteurs qui, sous l'influence de divers facteurs, ont constaté un gonflement, une vésiculation des chondriocotes. Cette vacuolisation des chondriocotes a été observée d'abord par Fauré-Frémiet chez des organismes animaux [12] et décrite par Prowazek sous le nom de « cavulation » [45].

Guilliermond décrit la vésiculation et la granulation des chondriocotes sous l'influence des liquides hypotoniques [21].

Beauverie et Cornet décrivent le gonflement et la granulation des chondriocotes de l'*Elodea* sous l'influence de l'éther et des rayons ultra-violet [5 et 6].

Nadson et Meisl [38] constatent les mêmes transformations sous l'influence du chloroforme. Nadson

et Rochlin-Gleich Gewicht [41] l'observent par action des rayons X.

Des faits de même nature ont été constatés par Sarty [50].

Milovidov, faisant agir le chloroforme sur le *Saprolegnia* constate des modifications de formes des chondriocontes qui se contractent en prenant des aspects irréguliers, se ramifient, se transforment enfin en vésicules et en grains. L'acétone, l'éther, la benzine provoquent des phénomènes analogues [33].

D'après Famin, les chondriocontes se transforment en vésicules sploiiques sous l'influence de la chaleur [19].

Rappelons, enfin, la transformation des chondriocontes par vésiculisation et granulisation chez des tissus parasités : c'est ce qu'a observé en particulier Dufrénoy, chez des tissus atteints par la mosaïque [10].

En résumé, dans toutes les observations que nous venons de rappeler, les chondriocontes subissent essentiellement : *d'abord* une vésiculisation, *puis* une granulisation.

Nous n'avons qu'exceptionnellement constaté cette vésiculisation, mais presque toujours une granulisation *directe* des chondriocontes.

Une question se pose. Quelle est la nature des grains provenant de la désintégration des chondriocontes ? D'une façon générale, les auteurs admettent, lorsqu'il y a granulisation de ces éléments, que les grains sont constitués par les lipides du complexe initial. Il en est sans doute de même dans les phénomènes que nous avons observés et les grains seraient de nature lipidique.

Quoi qu'il en soit, cette granulisation des chondriocontes diffère des observations que nous venons de rappeler par l'absence d'une « cavulation » préalable des chondriocontes. C'est qu'en réalité les conditions expérimentales ne sont pas identiques. Elles sont en particulier très différentes des conditions réalisées par immersion des cellules dans un liquide hypotonique.

Guilliermond [21] a bien observé les modifications de la structure cellulaire en milieu hypertonique. Il y a, dans ce cas, plasmolyse du cytoplasme qui se transforme peu à peu en « boules sarcodiques ». Les chondriocontes et les mitochondries ne se gonflent que tardivement et ce gonflement coïncide, dit-il, « avec une modification très nette de l'aspect de la cellule, qui semble attribuable à une déshydratation du cytoplasme ». Comme on le voit, cette vésiculisation n'est que tardive et ne coïncide pas avec la phase de déshydratation du cytoplasme.

D'ailleurs, il semble bien évident que, si la plasmolyse est provoquée : d'une part, par l'immersion en liquides hypertoniques, d'autre part, sous l'influence de l'éther ou du chloroforme, le mécanisme qui la provoque n'est pas identique dans les deux cas. C'est un point qui appelle de nouvelles recherches.

Enfin, nous avons vu que Nadson et Meisl [37 et 38], Beauverie et Cornet [5 et 6], ont constaté la vésiculisation des chondriocontes sous l'influence de l'éther ou du chloroforme. Leurs résultats sont donc différents des nôtres. Il nous apparaît que ces divergences peuvent s'expliquer par des conditions d'expérience différentes : doses

d'anesthésique employées, pénétration plus ou moins rapide de celui-ci dans les tissus, durée de la narcose.

Pour en terminer avec cette question, nous devons rapprocher la granulisation des chondriocotes, au cours de nos essais, de l'évolution du chondriome observée dans les graines à l'état de vie ralentie. On sait (Wagner) [51] que, dans ce cas, les plastes et les chondriosomes semblent prendre généralement la forme granuleuse, tandis qu'au début de la germination les formes : bâtonnets et chondriocotes reparaissent sous l'influence de l'hydratation. De même, la déshydratation du cytoplasme par plasmolyse sous l'influence de la narcose amènerait la granulisation des chondriocotes et la réhydratation, lorsqu'on replace les objets éthérisés dans le milieu initial, se traduirait par la réapparition des bâtonnets et des chondriocotes. Sans prétendre à l'identité des phénomènes dans les deux cas, il nous semble qu'il y a là un rapprochement justifié.

Les plastes.

L'action de l'éther ou du chloroforme sur les plastes a été étudiée en particulier par Beauverie et par Cornet [5, 6, 7 et 8].

Leur altération sous cette influence consiste essentiellement en une vésiculisation suivie d'une granulisation, avec séparation des grains huileux provenant de la dissociation de la substance fondamentale.

Les petits plastes des régions méristématiques ou supra-méristématiques se sont montrés beaucoup plus

résistants que les chondriocentes à l'action de l'éther. Ce n'est que tardivement qu'ils se granulisent. Dans les régions plus éloignées du méristème, les plastes subissent des altérations de même ordre.

Le fait que l'altération des plastes sous l'influence de la narcose est tardive ressort particulièrement de nos observations sur la feuille d'*Aucuba*, où ils paraissent à peine modifiés après une heure de séjour dans les vapeurs de chloroforme.

Lorsque l'on examine plus spécialement la feuille d'*Elodea*, on constate que les éléments du chondriome qui se transforment en plastes sont, au cours de cette évolution, de moins en moins fragiles à mesure qu'ils se rapprochent de la forme plaste adulte.

Les noyaux.

Les auteurs très nombreux, qui comme : Gérassimoff, Nemec [42, 43, 44], Lundegårdh [31], Van Wasielewski [52, 53], Sakamura [48, 49], etc... ont étudié l'action des narcotiques (chloroforme, éther, et surtout chloral) sur le noyau, ont surtout observé les modifications apportées aux processus cinétiques,

On peut résumer ainsi ces travaux : de très faibles doses de narcotique accélèrent les cinèses, des doses plus fortes les ralentissent ou les inhibent. A la suite de ces actions, lorsque les cellules poursuivent leur évolution, les cinèses sont anormales, la répartition des chromosomes se fait irrégulièrement, des cellules plurinucléées se forment, à côté de cellules privées de

noyau, le cloisonnement de la cellule étant empêché. Des fusions se réalisent entre les divers noyaux appartenant à un même élément.

Nous n'avons pas étudié ces divers phénomènes. Dans nos expériences, l'action des anesthésiques a toujours été telle qu'elle bloquait les cinèses en cours. Pour le retour à la normale, nous nous sommes toujours adressé à des pièces ayant subi une forte narcose et nous ne les avons pas observées au delà de 24 ou 48 heures. Dans ces conditions, si la structure des noyaux indiquait un retour vers l'état normal, la multiplication des cellules n'avait pas encore repris. A peine, dans certains cas, pouvait-on observer quelques images correspondant au début de nouvelles prophases.

Les études se rapportant aux modifications de structure des noyaux au repos sont moins nombreuses. Nous citerons les recherches de Matruchot et Molliard [32] et celles, plus récentes, de Lenoir [29], sur les modifications de structure provoquées chez le Noyau par le gel. Nous indiquerons surtout la récente publication de Hocquette et Mlle Villart [26] sur les modifications des noyaux du Radis sous l'influence de l'éther.

Nous distinguerons dans l'exposé de nos résultats ce qui se rapporte : d'une part, aux noyaux quiescents ou interphasiques et aux premiers stades de la prophase ; ce qui se rapporte, d'autre part, aux noyaux en fin de prophase, où la formation des chromosomes est achevée, à la métaphase, à l'anaphase et à la télophase.

Cette division correspond à deux périodes : l'une où les chromosomes sont inexistants ou en cours de

formation, l'autre où la formation des chromosomes est achevée. Le comportement de ces deux types de noyaux au cours de la narcose est très différent.

Chez le Radis, dont le noyau appartient au type à prochromosomes, on observe à l'état quiescent les prochromosomes appliqués contre la paroi nucléaire, une cavité nucléaire, vide et un nucléole volumineux. Chez ces noyaux, l'action de l'éther se traduit par la contraction avec, au début, apparition de formes amiboïdes transitoires. Peu à peu, les grains chromatiques se détachent de la paroi et viennent s'appliquer contre le nucléole. A ce moment on ne constate donc dans le noyau qu'une masse fortement colorable, à contours irréguliers ; elle correspond au nucléole et aux prochromosomes accolés et l'aspect est celui d'une pycnose. Après une narcose prolongée, le noyau n'apparaît plus que comme un corpuscule à peu près homogène et faiblement sidérophile, il y a eu dissolution et diffusion de la substance nucléolaire et de la chromatine. Au début de la prophase, les prochromosomes nous ont paru réunis par un réseau peu colorable, qui se montre sensiblement gonflé chez les racines soumises à l'action de l'éther.

Les noyaux de l'Ail et de l'Orge appartiennent à un type différent. Dans le noyau quiescent existe un fin réseau sidérophile, sans inclusions chromatiques distinctes. Lorsque de tels noyaux subissent l'influence de l'éther, on constate qu'ils diminuent de volume, prenant transitoirement des formes amiboïdes. Le réseau se gonfle et au maximum d'alté-

ration, les noyaux, très réduits de volume, ont une structure à peu près homogène. Les nucléoles finissent par disparaître et la masse nucléaire se colore faiblement par l'hématoxyline. Cette masse paraît constituée uniquement par la linine.

Aux dépens du réseau quiescent se forment normalement des bandes alvéolisées qui se transforment ensuite en bandes spiralées dont chacune est l'ébauche d'un chromosome.

Tous les stades du début de la prophase qui précèdent la maturité des chromosomes sont profondément modifiés sous l'influence de la narcose. Ce changement consiste essentiellement en la formation d'un réseau alvéolaire, à mailles inégales, gonflées, donnant à l'ensemble du noyau un aspect spumeux. Suivant le stade de leur évolution, le réseau est plus ou moins colorable. Il l'est d'autant plus que la prophase est plus avancée. Il y a en même temps contraction du noyau ; la membrane nucléaire persiste longtemps, ainsi que les nucléoles. Nous avons constaté chez l'Orge des degrés d'altération plus marqués ; le nucléole disparaît, sa matière semble, après dissolution, s'intégrer au réseau qu'elle rend plus colorable. Enfin, après disparition du nucléole et de la membrane, le noyau est représenté par une masse alvéolisée, dépourvue de membrane distincte. Ces éléments finissent par s'étirer et prendre des formes filamenteuses puis disparaître dans le cytoplasme.

Dans aucun cas, nous n'avons pu constater d'expulsion de chromidies, et le noyau disparaît après alvéo-

lisation, par nucléololyse, chromatolyse et dispersion des masses alvéolisées dans le cytoplasme.

Nous avons rencontré (p. 37) quelques aspects différents consistant en l'apparition dans le noyau de gouttelettes chromatiques et qui correspondent à une dégénérescence par caryorhexis.

Les phénomènes d'altération que nous venons de décrire se rapportent aux noyaux en prophase et ne s'observent que chez ceux dont les chromosomes ne sont pas « adultes ». Ils consistent essentiellement dans la diffusion de la substance nucléolaire et de la substance chromatique, tandis que la linine subsiste.

Les noyaux en fin de prophase, chez qui les chromosomes sont libres dans la cavité nucléaire, se contractent, la cavité nucléaire retient faiblement l'hématoxyline, les chromosomes eux-mêmes contractés restent parfaitement reconnaissables; ils s'anastomosent parfois.

Les images de métaphase, d'anaphase et de début de télophase ne sont pas modifiées. On observe seulement un gonflement des chromosomes, rarement des anastomoses entre chromosomes voisins dans les figures anaphasiques, fréquemment une alvéolisation précoce de ceux-ci. Ces modifications ne sont sensibles que pour des narcoses d'assez longue durée.

Sous l'influence de l'éther, les fibres fusoriales deviennent rapidement indistinctes et la zone nucléaire se confond avec le cytoplasme. A ce moment, la substance chromatique est donc beaucoup plus résistante qu'aux stades de différenciation des chromosomes.

Les quelques observations que nous avons faites sur l'*Elodea* et l'*Aucuba* ne nous ont pas donné les derniers stades d'altération observées précédemment ; nous avons constaté ici les phénomènes de contraction nucléaire, le gonflement du réseau et parfois, chez l'*Elodea*, l'existence de masses chromatiques condensées correspondant à des phénomènes de pycnose.

La dégénérescence des noyaux quiescents et prophasiques se fait donc généralement par chromatolyse ; cependant nous avons observé quelquefois des dégénérescences par caryorhexis, plus souvent des aspects pycnotiques. Si certains de ces derniers correspondent à des pyncoses vraies, il en est d'autres qui correspondent en réalité à un simple accollement transitoire soit des prochromosomes (Radis), soit des jeunes chromosomes (Ail, Orge), au nucléole. De tels noyaux peuvent alors, quand les plantules sont replacées dans des conditions normales, reprendre l'aspect habituel, les chromosomes ou les prochromosomes se dispersent à nouveau dans la cavité nucléaire : c'est ce que nous avons observé particulièrement chez le Radis.

Nous ne reviendrons pas sur la comparaison de nos résultats avec ceux qu'ont obtenu Hocquette et Mlle Vilart, ceci ayant été fait antérieurement.

Matruchot et Molliard [32] ont étudié les transformations subies par le noyau sous l'influence du gel. Les modifications constatées sont, dans l'ensemble, les suivantes : le noyau diminue de volume, il prend une structure vacuolaire très marquée avec formation d'un

réseau à mailles larges et à filaments épais ; cette vacuolisation aboutit à des aspects parfois nettement polarisés, la chromatine s'étant accumulée de façon élective sur l'une des faces du noyau. Enfin, il peut y avoir éclatement de celui-ci. Tous ces phénomènes sont rapportés par Matruchot et Molliard à la plasmolyse avec exosmose. On voit que les aspects observés par ces auteurs se retrouvent à certains moments chez les noyaux sous l'influence de la narcose qui, comme le gel, provoque la déshydratation de la matière vivante.

Plus récemment, Lenoir [29], chez l'ovaire et le nucelle du *Fritillaria imperialis*, ayant subi l'action du gel, retrouve des aspects analogues à ceux qu'ont décrit Matruchot et Molliard ; il constate, chez des noyaux en cinèse, l'existence de chromosomes dilatés et parfois accolés, aspects que nous avons également rencontrés. Enfin, chez les noyaux fortement atteints, il constate que seule persiste la liline qui conserve, dit-il, des propriétés chromatinogènes.

Nous avons de même observé des noyaux chez lesquels il n'existe plus qu'un réseau épais ou une masse amorphe peu chromatique, le nucléole lui-même ayant disparu.

Dans la plasmolyse cellulaire provoquée par l'action de liquides hypertoniques, le comportement du noyau est assez variable. Guilliermond écrit (*Traité de cytologie*, p. 1027) : « Le noyau, selon les cas, se gonfle et semble subir une sorte de liquéfaction ou bien éclate, ou se contracte fortement ».

Nadson et Meisl [38] observent, chez les cellules

épidermiques de l'*Allium* exposées aux vapeurs du chloroforme, d'abord une accentuation du contour du noyau et du nucléole, puis l'apparition d'un contenu trouble et granuleux dans un noyau de contour irrégulier, enfin des phénomènes de pycnose.

D'après Nemec, sous l'influence des vapeurs de chloroforme, les noyaux des racines d'*Allium Cepa* peuvent éclater, leur contenu s'échappe sous forme d'un réticulum chromatique, les aspects ainsi obtenus sont assez comparables à ceux que nous avons observé chez l'Orge (fig. 51 à 53) quoique la marche des phénomènes soit un peu différente.

De Litardière [30] montre que, sous l'influence d'une élévation de température, les éléments chromosomiques deviennent hyperchromatiques, tandis que le nucléole perd sa substance colorante. Puis les éléments chromosomiques se dissolvent, en même temps que le noyau devient très petit.

Dans les tissus des plantes en agonie, les noyaux s'altèrent par pycnose et caryolyse.

Enfin, nous rappellerons que d'après les travaux de Koernicke [27 et 28], de Nadson [39 et 40], de Milovidov [34], les noyaux sous l'influence des rayons X et des rayons du radium, subissent des atteintes variables : caryolyse des noyaux en repos, altération des caryocinèses.

On observe donc, sous diverses influences, des altérations nucléaires, variables, mais se ramenant à un petit nombre de types que l'on retrouve dans les noyaux altérés par l'action de l'éther.

Il serait extrêmement intéressant de comparer étroitement, sur les mêmes objets, les réactions du noyau à ces diverses influences, agissant évidemment par des mécanismes différents. Déjà un même agent : plasmolyse par liquides hypertoniques ou rayons X, ou éther, peut provoquer des réactions qui ne sont pas toujours identiques. C'est qu'il est difficile de mesurer exactement la grandeur de l'action exercée et d'autre part, qu'il y a lieu de tenir compte de la durée de celle-ci.

Rappelons à ce point de vue, combien il est difficile d'établir la dose thérapeutique de radiations, convenable au traitement d'une lésion. Rappelons, d'autre part, comment l'action d'une même substance sur un organisme peut varier avec la dose employée ; de faibles doses d'éther ou de chloroforme peuvent accélérer les cinèses et exalter la croissance qui sont inhibées par des doses plus fortes. Enfin, pendant la période d'action d'un même agent physico-chimique sur un tissu, se succèdent plusieurs phases parfois opposées : par exemple une phase d'excitation est suivie d'une phase de dépression. On s'explique alors pourquoi on peut trouver entre les résultats obtenus par divers chercheurs, des contradictions. Il n'est pas douteux que si nos résultats, en ce qui concerne le chondriome aussi bien que pour le noyau, sont parfois différents des faits observés par d'autres auteurs, c'est par des raisons de cet ordre qu'on peut expliquer les divergences.

Depuis Overton et Mayer, on explique la pénétra-

tion des anesthésiques dans la cellule par la propriété qu'ils possèdent de dissoudre les lipides. Si cette conception a été combattue, si elle n'explique pas tous les faits, elle possède du moins une très grande valeur, dont témoigne le rapport qui existe entre l'intensité du pouvoir anesthésique d'une substance et la grandeur de son coefficient de partage entre les lipides et l'eau.

Les anesthésiques, ayant pénétré dans la cellule, vont être adsorbés par ses divers constituants. Dans l'organisme, ils seront fixés électivement par les tissus riches en lipides. Dans la cellule, leur affinité particulière pour les lipides explique la dissociation des complexes lipidoprotéidiques : d'où la destruction du chondriome avec ségrégation des grains lipidiques et la lipophanérose avec séparation des inclusions graisseuses.

Mais aussi, d'une façon générale, éther et chloroforme diminuent la stabilité des colloïdes ; ce qui explique la granulation et la coagulation du cytoplasme. En même temps, celui-ci se déshydrate : d'où plasmolyse. On comprend pourquoi des aspects analogues se rencontrent chez les cellules « gelées » et chez les cellules éthérisées ; le gel provoquant, lui aussi, la déshydratation du cytoplasme.

La narcose agit encore sur la tension superficielle, qu'elle abaisse. Elle modifie la viscosité et la perméabilité du cytoplasme. A ces deux derniers points de vue, les phénomènes sont particulièrement complexes puisqu'il y a, au début de la narcose, diminution de la viscosité, avec augmentation des mouvements cyto-

plasmiques et diminution de la perméabilité (c'est la phase d'excitation) ; puis, ultérieurement, augmentation de la viscosité et augmentation de la perméabilité.

En même temps, enfin, on a constaté d'autres modifications d'ordre physique (modifications de la conductibilité) ou chimique. Parmi ces derniers, à côté de la libération d'ions minéraux liés au cytoplasme, nous citerons plus spécialement l'ensemble des phénomènes auquel on a donné le nom d'*anatonose*. Ils consistent dans le passage de corps à grosses molécules à des corps à petites molécules. C'est à ces phénomènes qu'est dû le dédoublement des glucosides sous l'influence de la narcose.

On conçoit dès lors, devant la complexité des faits, comment les modifications apportées à la structure morphologique de la cellule peuvent être variables suivant les tissus considérés, suivant l'anesthésique, suivant la dose agissante et suivant la durée de la narcose. C'est à l'étude de quelques-unes de ces modifications de structure que nous nous sommes attaché.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude de l'action des anesthésiques sur la cellule végétale avait déjà donné lieu à de nombreux travaux. La plupart ont été consacrés à l'étude des phénomènes cinétiques. Quelques-uns se rapportent à l'étude des modifications de structure du cytoplasme, du chondriome ou du noyau quiescent. Il s'en faut que l'étude de ces questions soit achevée.

Nous pensons que notre travail apportera dans ce domaine quelques documents utiles.

Nous avons limité notre étude à quelques objets : extrémités radiculaires de l'Ail, de l'Orge, du Pois, bourgeons d'*Elodea*, feuilles d'*Aucuba*. Ces pièces ont été soumises à l'action de l'éther, plus rarement du chloroforme : soit simplement à l'air saturé des vapeurs anesthésiques, soit à l'action des mêmes narcotiques, en vapeurs saturantes. D'autre part, nous avons observé, en remplaçant après narcose ces mêmes pièces dans les conditions normales de vie, le retour des cellules à la structure habituelle, ce point particulier paraissant avoir été négligé jusqu'ici.

Le cytoplasme subit très rapidement la plasmolyse puis, la structure vacuolaire se transforme, les vacuoles se confondent et l'aspect général devient réticulo

alvéolaire, en même temps que le cytoplasme apparaît granuleux. Finalement, ce dernier est entièrement transformé en « boules sarcodiques ». Parallèlement, il y a lipo-phanérose ; il apparaît dans la cellule de grosses inclusions osmiophiles graisseuses, constituées par les graisses, primitivement masqués par leur liaison au cytoplasme. Ces faits confirment les résultats antérieurement acquis.

Les cellules dont le cytoplasme a été transformé en « boules » ne reprennent jamais leur aspect normal. Les structures réticulo-alvéolaires sont encore réversibles, et le cytoplasme reprend une structure alvéolaire normale. Ce retour s'accompagne d'une sécrétion de colloïdes sidérophiles s'accumulant dans les vacuoles. La plasmolyse persiste après 48 heures de séjour dans les conditions normales.

Les modifications du chondriome que nous avons constatées sont assez différentes de celles décrites par les auteurs sous diverses influences. Sauf parfois chez l'*Elodea*, nous n'avons jamais observé de vésiculisation, de « cavulation » des grains mitochondriaux et des chondriocontes.

Les premiers ne paraissent pas modifiés, les seconds se transforment directement en granulations lipidiques, sans gonflement préalable. Tous ces grains se dispersent dans la cellule et peuvent confluer en des gouttelettes lipidiques plus volumineuses, non osmiophiles. Peut être s'unissent-elles finalement aux inclusions graisseuses.

Dans certains cas, des chondriocontes prennent un

aspect irrégulier, s'agglutinent et se réunissent en un réticulum filamenteux.

Les chondriocotes, détruits par granulisation, se reconstituent en 24 à 48 heures, dans la cellule remplacée dans des conditions normales de vie. Ce retour n'a pas lieu lorsque le cytoplasme a été réduit en « boules ».

Les petits plastes des régions méristématiques sont très résistants et ce n'est que tardivement qu'ils peuvent se granuliser, sans gonflement préalable.

Les plastes plus développés des régions supra-méristématiques sont très résistants aussi et une partie d'entre eux seulement présente une paroi granuleuse. Chez l'*Aucuba*, nous n'avons guère observé qu'un déplacement des plastes et leur accolement par suite de la contraction du contour cellulaire. Même chez l'*Elo-dea*, les altérations ont été peu sensibles : accolement, et pour certains d'entre eux, granulisation sans gonflement.

Les noyaux se comportent différemment suivant leur degré d'évolution. Toujours le noyau se contracte, comme le cytoplasme lui-même : il peut être réduit de la moitié de son volume initial et prend transitoirement, aux débuts de la contraction, des aspects amiboïdes. Les chromosomes libres, de la fin de la prophase, au début de la télophase, semblent au contraire subir un faible gonflement, s'étaler à leurs extrémités ; ils contractent parfois des anastomoses et s'alvéolisent de façon précoce. Quant aux jeunes chromosomes, un peu avant la fin de la prophase, ils se contractent et

forment parfois un réseau incomplet par anastomose, de même ils se rapprochent du nucléole et peuvent s'y accoler.

Les modifications des noyaux quiescents, interphasiques, ou aux premiers stades de la prophase sont beaucoup plus marquées. Il y a contraction, épaissement du réseau lininien, alvéolisation, puis nucléololyse et chromatolyse. Les noyaux quiescents sont ainsi réduits à une vésicule sensiblement homogène et très faiblement chromatique, les noyaux prophasiques à une masse alvéolaire spumeuse. Ces vésicules et ces masses peuvent disparaître complètement par dissolution. Les aspects de pycnose et de caryorhexis sont rares. Nous n'avons jamais constaté l'expulsion de chromidies.

Par ce travail, nous pensons avoir apporté une contribution intéressante à l'étude du problème de la narcose des cellules végétales.

Vu et permis d'imprimer :
Le Président de la thèse,

GUÉRIN.

Le Doyen de la Faculté,
P. GUÉRIN.

Vu et permis d'imprimer :
le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.

EXPLICATION DES FIGURES

Toutes les figures correspondent à un grossissement de 1750 environ.

PLANCHE I. — *Allium sativum* L. (fixation et coloration par la méthode de Regaud).

FIG. 1 et 2. — Cellules normales du périblème et du plérôme (zone susméristématique).

FIG. 3 et 4. — Agglutination des chondriocotes et des plastes après 1 heure d'éthérisation.

FIG. 5 et 6. — Granulisation directe des chondriocotes après 1 h.-1 h. 30 d'éthérisation.

FIG. 7 et 8. — Dispersion des grains lipidiques, granulisation de quelques plastes (3 à 4 h. d'éthérisation).

PLANCHE II. — *Allium sativum* L.

FIG. 9. — Fusion des grains lipidiques ; quelques plastes granuleux (fixation et coloration de Regaud).

FIG. 10. — Cytoplasme en « boules » granuleuses ; inclusions graisseuses osmiphiles (osm.) ; noyaux contractés en fin de prophase. Fixation au Flemming ; coloration safranine Vert-Lumière.

FIG. 11. — Retour des cellules à la structure normale. Structure alvéolo-réticulaire du cytoplasme, avec inclusions sidérophiles intravacuolaires (fixation et coloration de Regaud).

FIG. 12. — Noyau quiescent normal.

FIG. 13. — Noyau quiescent après éthérisation de 1 h. 30 environ ; réseau gonflé.

FIG. 14 et 15. — Noyaux quiescents après 3-5 h. d'éthérisation. Noyaux contractés ; nucléoles réduits ; contenu nucléaire homogène.

FIG. 16, 17, 18. — Divers aspects d'alvéolisation de noyaux aux début de la prophase.

FIG. 19. — Noyau contracté vers la fin de la prophase.

FIG. 20. — Noyau particulièrement volumineux, en fin de prophase, après éthérisation de 30-45 minutes. Les chromosomes s'anastomosent en réseau.

FIG. 21. — Noyaux en fin de prophase, après 5 heures d'éthérisation. Contraction, coalescence des chromosomes.

FIG. 22. — Métaphase. Chromosomes gonflés (6 h. d'éthérisation).

FIG. 23. — Métaphase. Chromosomes gonflés, vacuolisés, avec anastomoses (10 h. d'éthérisation).

(Figures 12 à 23 : fixation au Flemming ;
coloration d'Heidenhain).

PLANCHE III

Figures 24 et 31. — *Raphanus sativus* L. (fixation au Flemming ; col. Heidenhain).

FIG. 24. — Noyaux quiescents normaux : a) de la région méristématique ; b) de la région sus-méristématique.

FIG. 25. — Noyaux normaux à divers stades de la prophase ; en 25 a : réseau lininien.

FIG. 26, 27, 28. — Contraction nucléaire ; divers stades de contraction, aboutissant à l'accolement des prochromosomes et du nucléole (28).

FIG. 29. — Noyaux « homogénéisés », nucléololyse et chromatolyse.

FIG. 30. — Noyaux quiescents amiboïdes aux premiers moments d'éthérisation.

FIG. 31. — Noyaux prophasiques éthérisés avec réseau lininien gonflé

Figures. 32 à 33. — *Aucuba japonica* L.

FIG. 32. — Cellule parenchymateuse normale : cytoplasme vacuolaire : mitochondries, chondriocentes et plastes (méthode de Regaud).

FIG. 33. — Cellule chloroformée. Cytoplasme granuleux, contracté. Plastés en anneau, quelques-uns granuleux ; grains lipidiques ; noyau contracté (méthode de Regaud).

FIG. 34 et 35. — (Fixation au Flemming, coloration ; safranine, vert-Lumière).

FIG. 34. — Cellule normale ; grains osmiophiles nombreux, accumulés au niveau des plastes.

FIG. 35. — Cellule « chloroformée ». Inclusions osmiophiles plus volumineuses.

PLANCHE IV. — *Hordeum vulgare* L.

(Fixation Flemming ; coloration d'Heidenhain).

FIG. 36, 37, 38, 39. — Divers stades d'évolution normale du noyau.

FIG. 40. — Noyaux quiescents contractés, avec réseau lininien gonflé (1 h. d'éthérisation).

FIG. 41. — Noyaux quiescents contractés « homogénéisés » (6 h. d'éthérisation).

FIG. 42. — Réseau alvéolisé de noyaux aux débuts de la prophase (2 h. d'éthérisation).

FIG. 43, 44, 45, 46. — Divers aspects d'alvéolisation, de nucléololyse et chromatolyse chez des noyaux aux divers stades de début de la prophase (2 à 6 h. d'éthérisation).

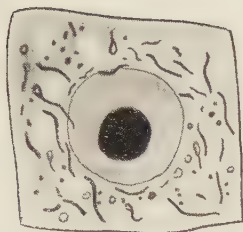
FIG. 48 et 49 — Noyaux alvéolisés fortement contractés (10 h.-12 h. d'éthérisation).

FIG. 50. — Noyau réduit à un réseau lininien spumeux, après nucléololyse et chromatolyse (6 h. d'éthérisation).

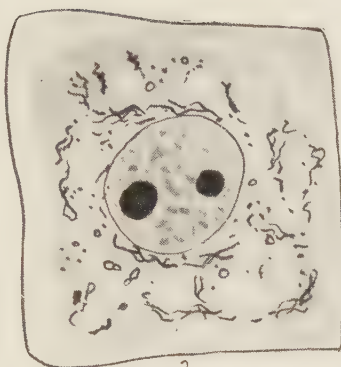
FIG. 51, 52, 53. — Divers aspects d'étirement et d'éclatement de noyau du type 50. En 53, le noyau est réduit à une série de filaments (12-24 h. d'éthérisation).

FIG. 54 et 55. — Aspects de dégénérescence par caryorhexis.

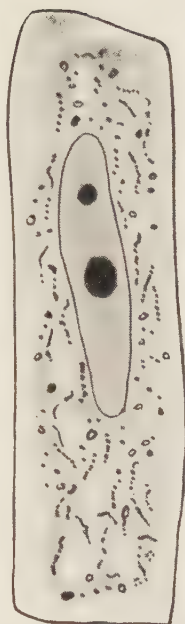
PLANCHE I



1



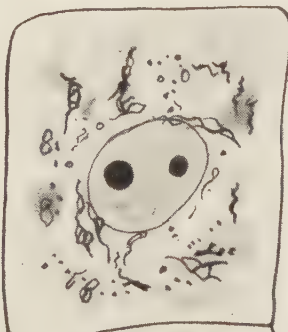
3



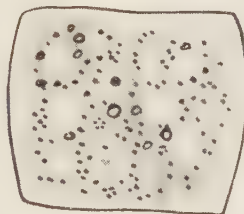
6



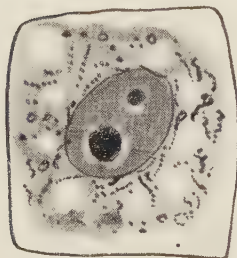
2



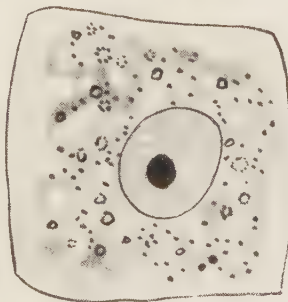
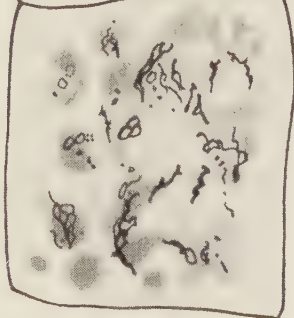
4



7

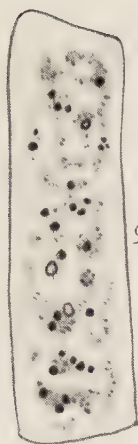


5

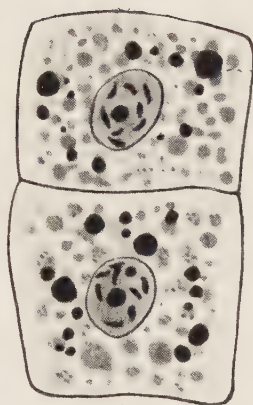


8

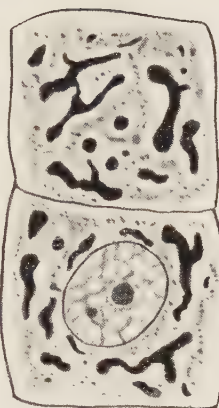
PLANCHE II



9



10



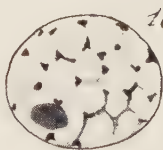
11



12



13



16



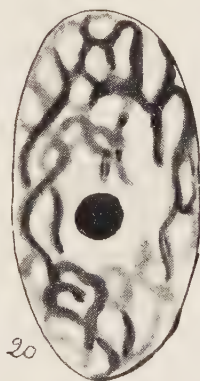
14



15



17



20



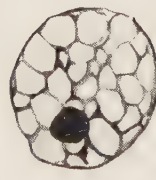
22



19



23



18



21



PLANCHE III

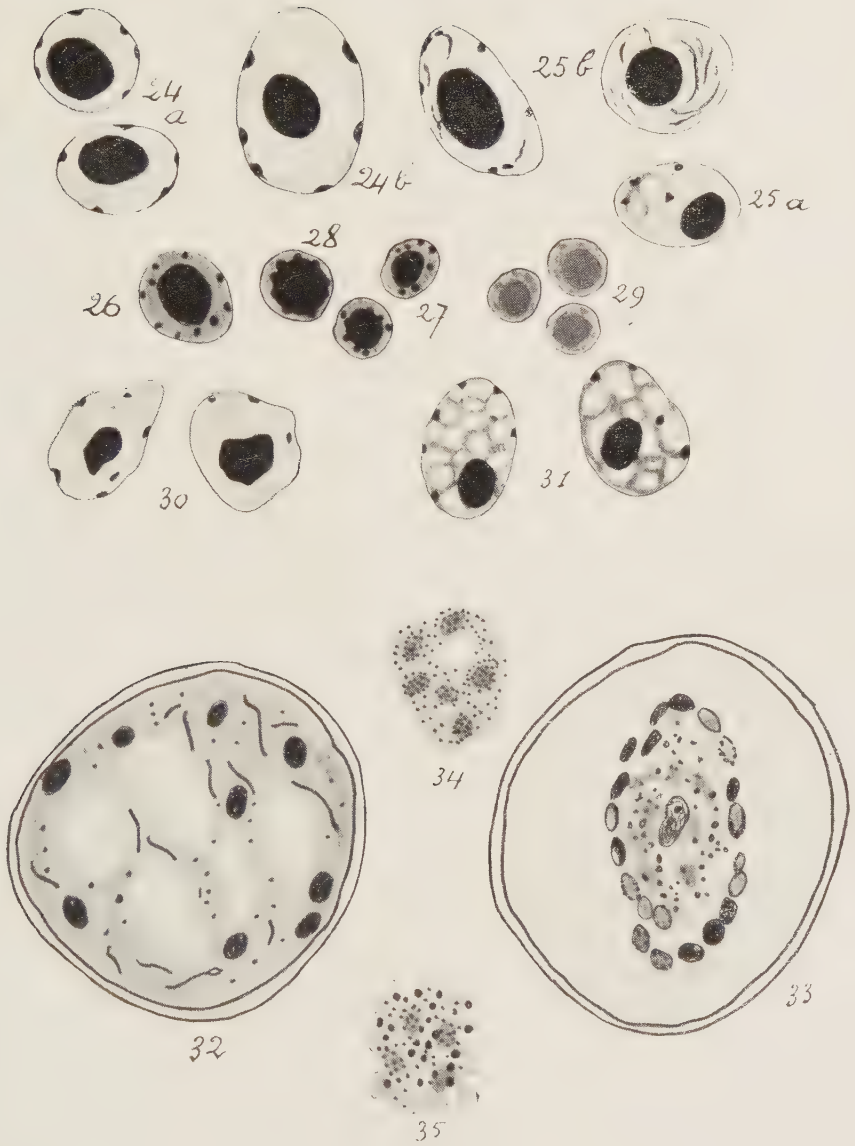


PLANCHE IV



BIBLIOGRAPHIE

1. BEAUVÉRIE. — La résistance plastidiale et mitochondriale et le parasitisme (C. R. Ac. Sc., 172, p. 1195, 1921).
2. BEAUVÉRIE (J.). — Sur la valeur des inclusions huileuses ou lipoïdes des plastes (leuco ou chloroplastes) et des mitochondries (C. R. Soc. Biol., 98, p. 311, 1928).
3. — Sur les modes de dégénérescence des chloroplastes, particulièrement dans le parasitisme (C. R. Ac. Sc., 183, p. 141, 1926).
4. BEAUVÉRIE (M.-J.). — Quelques aspects de la dégénérescence des plastes. Applications au parasitisme. *Rev. gén. Bot.*, XL, p. 206, 264, 1928.
5. BEAUVÉRIE (J.) et CORNET (P.). — Action des vapeurs d'éther sur la structure cellulaire dans les feuilles et les bourgeons d'*Elodea canadensis* (C. R. Soc. Biol., 101, p. 814, 1929).
6. — Action des rayons ultra-violet sur la structure cellulaire dans la feuille et le bourgeon d'*Elodea canadensis* (C. R. Soc. Biol., 102, p. 775, 1929).
7. CORNET (P.). — Action des vapeurs de chloroforme sur la structure cellulaire des feuilles de *Linaria Cymbalaria* (C. R. Soc. Biol., 105, p. 389, 1930).
8. CORNET. — Action des vapeurs d'éther sur les plastes cellulaires (C. R. Soc. Biol., 105, p. 389, 1930).
9. CORNET (P.) et GILLES (C.). — Effets abiotiques produits par les rayons ultra-violet sur certaines plantes (C. R. Soc. Biol., 109, p. 1367, 1932).

10. DUFRENOY. — Conditions de l'hypotonie des cellules affectées par la mosaïque (C. R. Soc. Biol., p. 1499, 1928).
11. EICHORN (A.). — Sur l'existence de prochromosomes dans des noyaux du *Sinapis nigra* (C. R. Soc. Biol., 112, p. 535, 1933).
12. FAURÉ-FRÉMIET. — Etude sur les mitochondries des Protozoaires et des cellules sexuelles (*Arch. Anat. micros.*, XI, p. 468, 1910).
13. GAIN. — Effets de l'anesthésie sur la croissance d'*Allium* ; observation du choc anesthésique (C. R. Soc. Biol., 93, p. 763, 1925).
14. GAUTHERET. — Cultures de cellules détachées de la coiffe (C. R., 196, 638, 1933).
— Nouvelles recherches sur la culture des cellules de la coiffe (C. R. Soc. Biol., 112, p. 861, 1933).
15. GUÉRIN. — L'action des anesthésiques, du froid et des rayons ultra-violet sur certaines plantes (*Rev. Scient.*, p. 807, 1910.)
16. GUÉRIN et LORMAND. — Action du chlore et de diverses vapeurs sur les végétaux (C. R. Ac. Sc., 170, 1920, p. 401).
— Action plasmolysante d'un certain nombre de vapeurs (C. R. Ac. Sc., 170, 1920, p. 1598).
17. GUÉRIN. — Action du chlore et de certaines vapeurs sur les plantes supérieures (*Annales Science agron. française et étrangère*, 1921).
18. GUÉRIN et GORIS. — Une nouvelle plante à coumarine : *Melittis Melissophyllum* (C. R. Ac. Sc., 170, p. 1067, 1920).
19. FAMIN (A.). — L'action de la température sur le chondriome de quelques cellules végétales (C. R. Soc. Biol., 106, p. 1208, 1931).
20. GUIGNARD. — Influence de l'anesthésie et du gel sur le dédoublement de certains glucosides chez les plantes (C. R. Ac. Sc., 149, p. 91, 1909).
21. GUILLIERMOND. — Observations vitales sur le chondriome des

végétaux et recherches sur l'origine des chloroplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens. Contribution à l'étude physiologique de la cellule. *Rev. gén. Bot.*, 31, p. 372, 1919.

22. GUILLIERMOND, MANGENOT et PLANTEFOL. — *Traité de Cytologie végétale*. Paris, 1933.
23. HECKEL. — Influence des anesthésiques et du gel sur les plantes à coumarine (C. R. Ac. Sc., 149, p. 829, 1909).
24. — De l'action du froid et des anesthésiques sur les feuilles de l'*Angræcum fragrans* et sur les gousses vertes de la Vanille (C. R. Ac. Sc., 151, p. 128, 1910).
25. — De l'action du froid, du chloroforme et de l'éther sur l'*Eupatorium* (C. R. Ac. Sc., 152, p. 1825, 1911).
26. HOCQUETTE et VILLARD (Mlle). — Action de l'éther en vapeurs saturantes sur les noyaux quiescents et en cinèse des plantules de *Raphanus sativus* (C. R. Ac. Sc., 195, p. 262, 1932).
27. KOERNICKE. — Weitere Untersuchungen über die Wirkung von Röntgen und Radium Strahlen auf die Pflanzen. *Ber. der. deutsch. bot. Ges.*, 23, p. 324-333, 1905.
28. KORNICKE. — Ueber die Wirkung von Röntgen und Radium. Strahlen auf pflanzliche Gevebe und Zellen (*Ber. deutsch. bot. Ges.*, 23, p. 411-412, 1905).
29. LENOIR (M.). — Action du gel sur les noyaux des cellules de l'ovaire et du nucelle chez *Fritillaria imperialis* (C. R. Soc. Biol., 107, 1931, p. 1151).
30. LITARDIÈRE (de). — Les diverses étapes de l'agonie des noyaux sous l'influence d'une température élevée (C. R. Soc. Biol., 92, 796, 1925).
31. LUNDEGARDH. — Zur Mechanik der Kernteilung. *Svensk bot. Tidskrift*. Bd. 8, S. 161 bis, 180, 1914.
32. MATRUCHOT et MOLLIARD. — Modifications produites par le gel dans la structure des cellules végétales (*Rev. gén. Bot.*, (14), p. 401, 463, 471, 522, 1902).

33. MILOVIDOV. — Observations vitales sur l'altération du chondriome chez le *Saprolegnia* sous l'influence de divers facteurs externes (*Rev. génér. Bot.*, 41, p. 193, 1929).
34. MILOVIDOV (P. E.). — Influence des rayons β et γ du radium sur les chondriosomes de la cellule végétale. (*Bull. Ac. des Sc. de Bohême*, 1929).
35. MILOVIDOV. — Influence du radium sur le chondriome des cellules végétales (*Protoplasma*, 1930).
36. MIRANDE. — De l'action des vapeurs sur les plantes vertes (*C. R. Ac. Sc.*, 151, p. 481, 1910).
37. NADSON (G. A.) et MEISL (M. N.). — Le mécanisme de l'action du chloroforme sur la matière vivante (*C. R. Ac. Sc.*, 183, p. 82, 1926).
38. — Le mécanisme d'action du chloroforme sur le protoplasme, le noyau et le chondriome des cellules d'*Alium Cepa* (*C. R. Ac. Sc.*, 183, p. 150, 1926).
39. NADSON (G. A.) et ROCHLINE-GLEICHGEWICHT (E. D.). — Le chondriome est la partie de la cellule la plus sensible aux rayons X (*C. R. Soc. Biol.*, 95, p. 378, 1926).
40. NADSON* (G. A.) et STERN (C.). — De l'action des rayons ultra-violet et X sur la cellule des Levures (*C. R. Ac. Sc., U. R. S. S.*, 1930, p. 39-44).
41. NADSON et ROCHLINE-GLEICHGEWICHT. — L'effet des rayons X sur le protoplasma et le noyau de la cellule végétale d'après les observations sur le vivant (*C. R. Soc. Biol.*, 94, 249, 1926).
42. NEMEC. — Beitrage zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. *Sitz. ber. d. K. böhm. Ges. d. Wiss. Math. nat. Klasse*, 1899.
43. — Ueber die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern. und Zellteilung. *Jahrb. f. wis. Bot.*, 39, 645-730, 1904.
44. — Ueber Struktur und Aggregatzustand des Zellkernes. *Protoplasma*, 7, 423-443, 1929.
45. PROWAZEK. — Studien zur Biologie der Zellen. *Biol. Centr.*, 1909.

46. ROSENBERG. — Zur Kenntnis der Reduktionsteilung in Pflanzen. *Bot. Notiser*, 1-24, 1905.
47. — Ueber die Individualität der Chromosomen in Pflanzenreich. *Flora*, 93, 251-259, 1904.
48. SAKAMURA. — Über die Beeinflussung der Zell. und Kernteilung durch die Chloralisierung mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen. *Bot. Magaz. Tokyo*, 30, 375-399, 1916.
49. — Experimentelle Studien über die Zell. und Kernteilung mit besonderer Rücksicht auf Form, Grösse und Zahl der Chromosomen. *Journ. Coll. of Sc. Imp. Univers. Tokyo*, 39, 221, 1920.
50. SARTORY (A.), SARTORY (R.) et MEYER. — Radium et cellule végétale. *Bull. Sc. pharm.*, 34, p. 560, 1927.
51. WAGNER. — Evolution du chondriome dans les graines de *Phaseolus multiflorus* (C. R. Ac. Sc., 1929).
52. — Le chondriome des embryons des graines au cours de la maturation et de la germination. *Arch. Anat. micr.*, 1930.
53. VAN WASIELEWSKI. — Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose. *Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot.*, 38, 377-420, 1902.
54. — Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose. *Pringsheims Jahrb. f. wiss. Botan.*, 39, 581-606, 1904.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.....	7
CHAPITRE PREMIER. — Conditions expérimentales et technique.....	11
CHAPITRE II. — Observation des faits.....	17
<i>Allium sativum</i> L.....	17
<i>Hordeum vulgare</i> L.....	32
<i>Pisum sativum</i> L.....	39
<i>Raphanus sativus</i> L.....	39
<i>Aucuba japonica</i> L.....	45
<i>Elodea canadensis</i> L.....	47
CHAPITRE III. — Discussion des faits.....	51
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....	73
EXPLICATION DES FIGURES.....	77
PLANCHES.	
BIBLIOGRAPHIE.....	81

